

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(51) Numéro de publication: **0 512 487 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **92107598.2**

(51) Int. Cl.⁵: **H01Q 21/20, H01Q 3/26**

(22) Date de dépôt: **06.05.92**

(30) Priorité: **06.05.91 FR 9105510**

(43) Date de publication de la demande:
11.11.92 Bulletin 92/46

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

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

(72) Inventeur: **Magnin, Frédéric**
14 Port de l'Embouchure
F-31000 Toulouse(FR)
Inventeur: **Raguenet, Gérard**
1710 chemin de Tucaut
F-31600 Eaunes(FR)

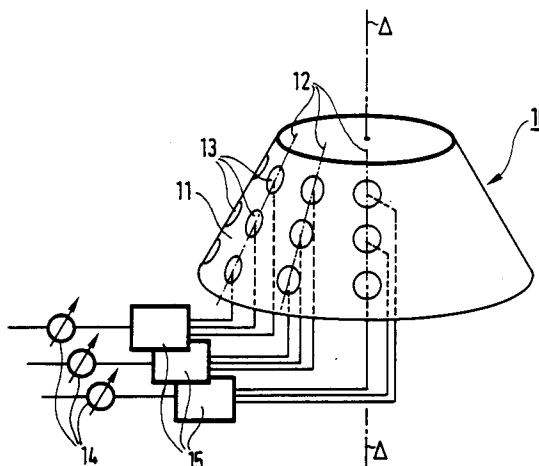
(74) Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al**
Lennéstrasse 9 Postfach 24
W-8133 Feldafing(DE)

(54) **Antenne à lobe formé et grand gain.**

(57) L'invention comprenant un réseau conformé sur une surface de révolution de profil quelconque, qui comprend plusieurs génératrices (12) d'éléments rayonnants (13), se trouvant dans un plan passant par l'axe de révolution (Δ); tous les éléments rayonnants d'une même génératrice étant reliés à un seul point de commande.

Application notamment au domaine des transmissions spatiales.

FIG. 1



L'invention concerne une antenne à lobe formé et à grand gain.

Des antennes de ce type sont très utiles dans le domaine spatial. Ainsi les satellites à défilement et à orbite basse ont un cône de visibilité de la terre très ouvert : à une altitude de 800 Km, le demi-angle au sommet du cône est de 63°. La distance d'un tel satellite à une station à l'intérieur de ce cône varie de 800 km (au Nadir) à 2300 km en bord du cône. Dans le cas d'une mission de télémessure ou de télécommande entre ce satellite et cette station, on cherche à assurer une liaison isoflux, quelle que soit la position relative de cette station dans le cône. Les antennes utilisées pour de telles missions doivent donc présenter un diagramme tel que le gabarit de PIRE ait un maximum en bord du cône et soit décroissant jusqu'au Nadir; La dynamique étant alors de l'ordre de 12 dB. De tels gabarits peuvent inclure, de plus, soit une provision pour les niveaux faibles (au Nadir, la dynamique tombant à environ 10 dB) soit au contraire une compensation de l'atténuation atmosphérique (proportionnelle à la distance), la dynamique devenant supérieure à 13 dB. Ces gabarits sont de révolution en azimut et ont la forme de cuvette. Ils nécessitent donc l'utilisation d'antennes à lobe formé.

Parmi les quelques techniques connues pour obtenir de tels gabarits on distingue deux grandes familles.

- les réflecteurs conformés :

Ce sont des réflecteurs de révolution dont le profil est optimisé pour suivre le gabarit formé en élévation. Le problème de ces réflecteurs est qu'ils ont un diagramme de révolution, parce qu'ils doivent assurer la liaison dans tout le cône. Il est donc difficile d'obtenir un gain élevé, tout en ayant des dimensions raisonnables de réflecteur. Un réflecteur de ce type est analysé dans un article intitulé "Method of moment analysis of a cavity-fed shaped beam reflector antenna" de Bridges; Shafaï, et Kishk (Antenn'90 conference proceedings; August 15, 17-1990; Winnipeg; Canada).

- les antennes réseau :

A partir de la constatation précédente, on a eu l'idée d'utiliser des antennes réseau à balayage électronique qui présentent un lobe d'antenne directif, de gain élevé, que l'on déplace par commande électronique. De telles antennes sont décrites dans l'ouvrage intitulé "Antenna Engineering handbook" (de R.C.Johnson et H. Jasik; McGraw-Hill; chapitre 20 "Phased Arrays" de R.Tang et R.W. Burns; pages 20-1 à 20-5). La liaison n'est alors plus assurée sur tout le cône simultanément mais uniquement dans la direction de la

station visée. On distingue ici deux familles de réseaux : les réseaux plans et les réseaux conformés.

- Les réseaux plans :

Si l'on s'affranchit des lobes de réseaux par des techniques classiques de dimensionnement de réseaux jouant sur le pas, c'est-à-dire sur la distance entre deux sources adjacentes, on peut obtenir, pour des dimensions semblables une directivité bien supérieure à celle obtenue avec un réflecteur formé. La phase d'alimentation de chaque source étant commandée par un déphaseur, on déplace le diagramme en modifiant ces phases. Cette solution présente deux inconvénients majeurs :

- il faut dépointer le lobe en élévation de $\pm 60^\circ$ environ, voire plus, à plus basse altitude. Ceci nécessite de rapprocher beaucoup les sources.
- Il est très difficile d'obtenir un maximum de rayonnement vers 60° et un creux dans l'axe; ce qui nécessite d'avoir des sources dont la directivité est élevée à 60° , même si leur diagramme présente l'allure du gabarit, c'est-à-dire avec un maximum de rayonnement à 60° (hélices par exemple). Par conséquent, si l'on veut obtenir un gain élevé (>20 dBi par exemple), il faut des dimensions relativement importantes et donc un grand nombre de sources et de déphaseurs (entre 50 et 100 selon la directivité élémentaire à 60°). Ce type d'antenne nécessite donc un grand nombre de points de commandes.

- Les réseaux conformés :

Pour obtenir un maximum de rayonnement sur un cône à 60° , on peut disposer les sources sur une surface conformée (hémisphère par exemple). En commandant chaque source par un déphaseur on balaye le lobe en élévation et en azimut. Mais avec de tels réseaux :

- on ne peut plus utiliser toutes les sources à la fois.
- on peut utiliser des éléments rayonnants dont le maximum de directivité est à 0° mais il faut, de plus, pouvoir dépointer à 60° .

L'invention a pour objet de réaliser une antenne permettant de pallier ces inconvénients : c'est-à-dire de diminuer le nombre de points de commande de ladite antenne, tout en assurant efficacement la mission considérée.

Elle propose à cet effet une antenne à lobe formé et à grand gain, caractérisée en ce qu'elle comprend un réseau conformé sur une surface conformée de profil quelconque ayant un axe de

symétrie, qui comporte plusieurs génératrices d'éléments rayonnants se trouvant dans un plan passant par l'axe de symétrie de l'antenne ; tous les éléments rayonnants d'une même génératrice étant reliés à un seul point de commande de phase et d'amplitude ; le balayage en site et en azimut du lobe formé étant obtenu uniquement à partir de la commande de la phase des génératrices par ces points de commande.

Avantageusement tous les éléments rayonnants d'une même génératrice sont reliés à un répartiteur passif et à un déphaseur commandable. Les lois d'amplitude et de phase des éléments rayonnants de chaque génératrice sont ainsi déterminés par les caractéristiques radioélectriques du répartiteur passif de chaque génératrice. On règle le diagramme élévation de ladite antenne en commandant lesdits déphaseurs, le balayage en azimut étant assuré par une commutation des génératrices.

De fait que le réseau conformé selon l'invention se trouve sur une surface conformée de profil quelconque ayant un axe de symétrie, avantageusement, le profil peut être optimisé pour déterminer la forme du diagramme de rayonnement d'une génératrice. Pour ce faire, la normale à la génératrice dans un plan passant par l'axe de symétrie aura une orientation variable selon la position sur la génératrice. Il en résulte que les éléments rayonnants se trouvant sur la génératrice auront des orientations différentes. Autrement dit, l'inclinaison d'un élément rayonnant par rapport à l'axe de symétrie est optimisé pour obtenir la forme souhaitée du diagramme de rayonnement d'une génératrice.

Une telle antenne possède le grand avantage de permettre un balayage deux plans en utilisant une seule commande monodirectionnelle qui est répartie dans le plan azimut. Elle permet, de plus, de diminuer le nombre de contrôles nécessaires (un par génératrice) par rapport à une antenne classique qui nécessite un contrôle par élément rayonnant.

De plus, en jouant sur le répartiteur passif et l'inclinaison variable des éléments rayonnants par rapport à l'axe de symétrie, la forme du lobe de rayonnement peut être optimisé.

On dégage ainsi un troisième degré de liberté dans le processus d'une colonne d'éléments rayonnants se trouvant sur une même génératrice. Ceci permet d'utiliser efficacement les éléments rayonnants dans les directions où ceux-ci doivent travailler, et ceci est d'autant plus intéressant que le domaine de balayage est important, avec un dépointage important, par exemple plus grand que $\pm 60^\circ$. Cette capacité de l'invention permet d'assurer les grands débattements et est un avantage décisif par rapport à des solutions planaires qui

souffrent d'une perte d'efficacité dans les directions à site élevé.

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 un exemple d'une antenne selon l'invention ;
- les figures 2 et 3 illustrent plusieurs caractéristiques de l'exemple d'antenne de la figure 1 ;
- les figures 4 à 7 illustrent d'autres exemples de réalisation de l'antenne selon l'invention.

L'antenne de l'invention comprend un réseau conformé 10 disposé sur une surface conformée 11 ayant un axe de symétrie et ayant un profil quelconque (conique, sphérique, elliptique, parabolique, hyperbolique, etc...). Ce réseau est constitué de génératrices 12 composées de plusieurs sources ou éléments rayonnants 13. Chaque génératrice 12 est à l'intersection de la surface conformée 11 et d'un plan passant par l'axe de symétrie Δ - (par exemple l'axe du Nadir). Sur la figure 1 la surface 11 est une surface conique et les génératrices 12 comportent, chacune, trois éléments rayonnants 13.

Dans l'antenne selon l'exemple de la figure 1, on ne considère qu'un seul déphaseur 14 par génératrice 12 ; un répartiteur passif 15, divisant le signal en amplitude et en phase entre chacune des sources, étant disposé entre la sortie de ce déphaseur 14 et l'entrée de chaque source 13. Ce répartiteur 15 est le même pour chaque génératrice, de sorte que la géométrie de l'antenne de l'exemple de la figure 1 est complètement de révolution. Ce répartiteur 15 est calculé pour obtenir un certain diagramme des rayonnements émis par les sources 13 de chaque génératrice 12 et réaliser un certain diagramme résultant à partir de toutes les sources 13 de l'antenne.

Afin d'obtenir une directivité suffisante on fait rayonner simultanément une ou plusieurs génératrices adjacentes. La rotation des génératrices a deux effets sur la phase du rayonnement:

- le premier effet est une rotation ϕ du plan de polarisation autour de l'axe de révolution Δ . Cette rotation est constante ; Elle est liée à la géométrie du réseau, comme représenté sur la figure 2 ;
- le deuxième effet est un retard de propagation proportionnel à la distance relative d'une source par rapport à un plan de référence P orthogonal à la direction de visée. Pour un plan de référence P donné, les distances à ce plan des sources d'une même génératrice peuvent varier.

Les déphaseurs ont pour rôle de compenser ces effets. Mais comme il n'y a qu'un déphaseur

par génératrice et que la compensation de ce retard de propagation doit être le même pour toutes les sources, on est amené à calculer la moyenne des retards. Ces retards de propagation dépendent de la direction de visée en élévation; c'est-à-dire de l'inclinaison du plan de référence P. Sur la figure 3, on remarque que dans une direction correspondant à l'axe Δ , par exemple au Nadir, toutes les génératrices sont en phase ($\theta = 0^\circ$): Les déphaseurs ne doivent compenser que la rotation du plan de polarisation en azimut. Par contre il y a de grosses variations lorsque l'axe de visée est à 60° ($\theta = 60^\circ$). Il est donc impossible de sommer en phase plusieurs génératrices adjacentes simultanément sur tout le domaine en élévation; ce qui se traduit par une dégradation du diagramme en dehors de la direction visée.

Ainsi, même si le diagramme d'une génératrice 12 respecte tout le gabarit, lorsque l'on compense les retards de propagation, dans une direction de 60° , par exemple, cela reste vrai pour $\theta = 60^\circ$ mais plus du tout ailleurs, surtout pour $\theta = 0^\circ$ où le diagramme obtenu est situé nettement en-dessous du gabarit.

Il est possible de surdimensionner la génératrice pour compenser cette dégradation: c'est-à-dire d'augmenter l'énergie fournie aux sources de cette génératrice pour obtenir un diagramme situé nettement au-dessus du gabarit prévu.

Mais il est également possible de jouer sur les déphaseurs pour déformer le diagramme et l'adapter à l'élévation de la station visée. Lorsque celle-ci se trouve à $\theta = 60^\circ$, on compense les retards de propagation dans cette direction. Lorsque l'élévation décroît, on déforme le diagramme en jouant sur les déphaseurs: En effet, par exemple, lorsque la station se situe aux environs de $\theta = 30^\circ$, à 30° le diagramme remonte au-dessus du gabarit alors qu'il chute au-dessous à 60° et ainsi de suite jusqu'à 0° où le diagramme ne correspond plus du tout au gabarit à 60° .

Le balayage en azimut est assuré par une simple commutation des génératrices puisque la géométrie est de révolution.

Dans une telle réalisation on restreint le nombre de déphaseurs d'autant qu'il y a de sources sur une génératrice, par rapport à une structure conformée classique. Avec un nombre beaucoup plus faible de points de commandes, les déphaseurs des génératrices 12 étant activés simultanément, on peut réaliser du balayage en azimut et en élévation de l'antenne. On obtient donc une solution conformée où l'on désire obtenir un diagramme formé en élévation respectant un gabarit, que l'on commute simplement en azimut, avec des génératrices de directivité faible, et des dimensions petites.

Ainsi dans un exemple d'application, pour réaliser

une mission de télémessure suivant le gabarit de PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) de la figure 4 (avec une courbe des maxima 16 et une courbe des minima 17) qui est un gabarit TMCU (Télémessure charge utile pour un satellite d'observation optique ou radar) haut débit bande X (8 à 12GHz). L'objectif est de respecter le gabarit de PIRE avec le minimum de puissance rayonnée. Par exemple avec 10 W rayonnés il faudra un gain maximum de 21 dBi. La directivité sera de 22 dBi tenant compte d'une perte de 1 dB. On dimensionne une antenne 20 de forme pseudo-cônique, comme représenté sur la figure 5. Cette antenne comprend 36 génératrices 21 de 4 sources 22. Chacune de ces sources 22 est réalisée en technologie imprimée; un pavé de cuivre étant gravé sur un substrat diélectrique conformé qui réalise la surface pseudo-cônique dont le profil n'est pas linéaire mais présente une brisure α de 10° environ sur la première source à partir du haut. Entre les 4 sources 22 d'une même génératrice 21, et sur le même substrat que celles-ci, est gravé le répartiteur sous forme de pistes de cuivre; lui-même étant relié à un déphaseur. Sur les 36 génératrices 9 seulement sont actives simultanément. Tout le rayonnement est donc commandé par 9 déphaseurs à la fois.

La figure 6 montre le gabarit minimum 25 et le diagramme obtenu 26 en compensant les retards de propagation dans une direction de 62° . Sur la figure 7, qui montre le même gabarit minimum 27 et le diagramme obtenu 28, on a seulement modifié la valeur des 9 déphaseurs pour compenser les retards dans une direction d'élévation de 5° (ces figures 6 et 7 correspondant à des directivités D_i en dBi).

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.

Notamment, la surface conformée peut être de profil quelconque, du moment qu'elle comporte un axe de symétrie quelconque. Dans les exemples décrits, la surface comporte un axe de symétrie de révolution, mais la surface peut aussi bien avoir une symétrie d'ordre 2 (réflexion dans un plan), comme une ellipse, une parabole ou une hyperbole, par exemple, ou encore elle peut avoir une symétrie d'ordre plus élevé donnant des surfaces plus complexes, sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1. Antenne à lobe formé et à grand gain, caractérisée en ce qu'elle comprend un réseau conformé sur une surface conformée de profil quelconque, cette surface ayant au moins un axe de symétrie; cette surface conformée

comprenant plusieurs génératrices (12) définies par l'intersection d'un plan et la surface conformée, ce plan étant normal à ladite surface à son intersection avec ladite surface, et contenant ledit axe de symétrie ; chaque génératrice comportant plusieurs éléments rayonnants (13) ; tous les éléments rayonnants (13) d'une même génératrice (12) étant reliés à un seul point de commande de phase et de commutation de ladite génératrice ; le balayage en site, ainsi que le balayage en azimut dans un plan perpendiculaire audit axe de symétrie étant obtenus uniquement à partir de la commande de la phase desdites génératrices moyennant lesdits seuls points de commande de chaque génératrice.

5

10

15

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un répartiteur passif pour chaque génératrice, lesdits éléments rayonnants d'une même génératrice étant reliés audit seul point de commande par ledit répartiteur passif, les lois d'amplitudes de phases entre lesdits éléments de ladite génératrice étant fixées par les caractéristiques radioélectriques dudit répartiteur passif.

20

25

3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la normale à la génératrice dans ledit plan contenant ladite génératrice est d'orientation fixée ou variable pour tous les éléments d'une même génératrice, selon la forme de la surface conformée de profil quelconque, et dans laquelle l'orientation de ladite normale détermine la forme du diagramme de rayonnement de ladite génératrice, et caractérisée en ce que l'orientation de ladite normale est optimisée en vue de la forme du diagramme de rayonnement que l'on souhaite obtenir.

30

35

40

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ladite surface conformée de profil quelconque est une surface de révolution autour d'un axe (Δ), cet axe étant parallèle à ladite direction moyenne dudit lobe formé.

45

5. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ladite surface conformée de profil quelconque est une partie seulement d'une surface de révolution autour d'un axe (Δ), cet axe étant parallèle à ladite direction moyenne dudit lobe formé.

50

55

FIG. 1

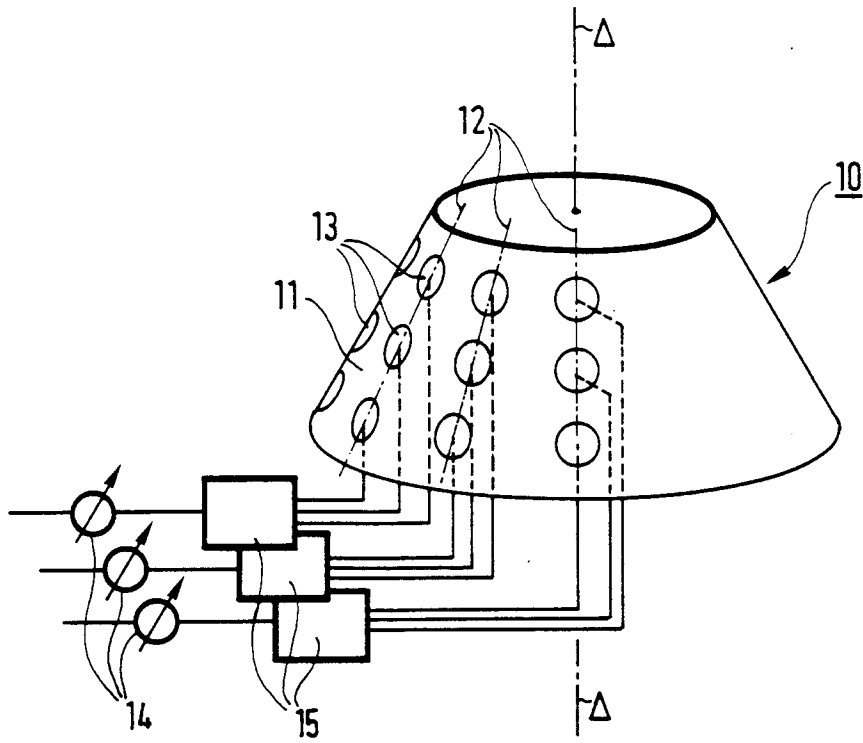


FIG. 2

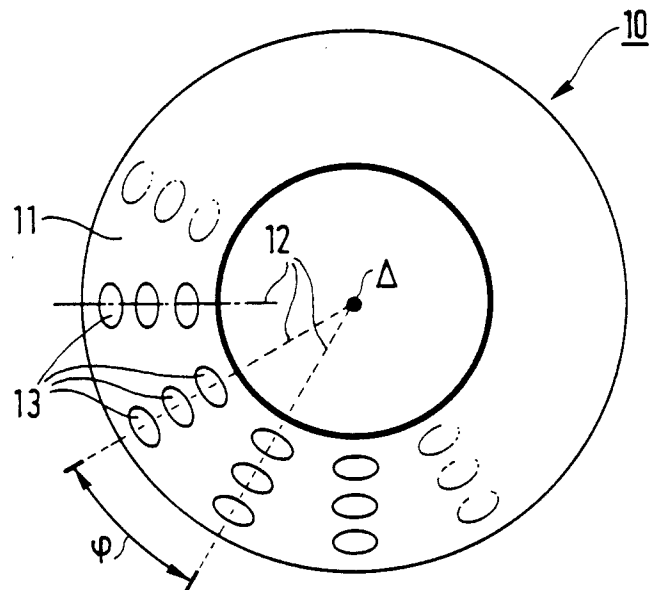


FIG. 3

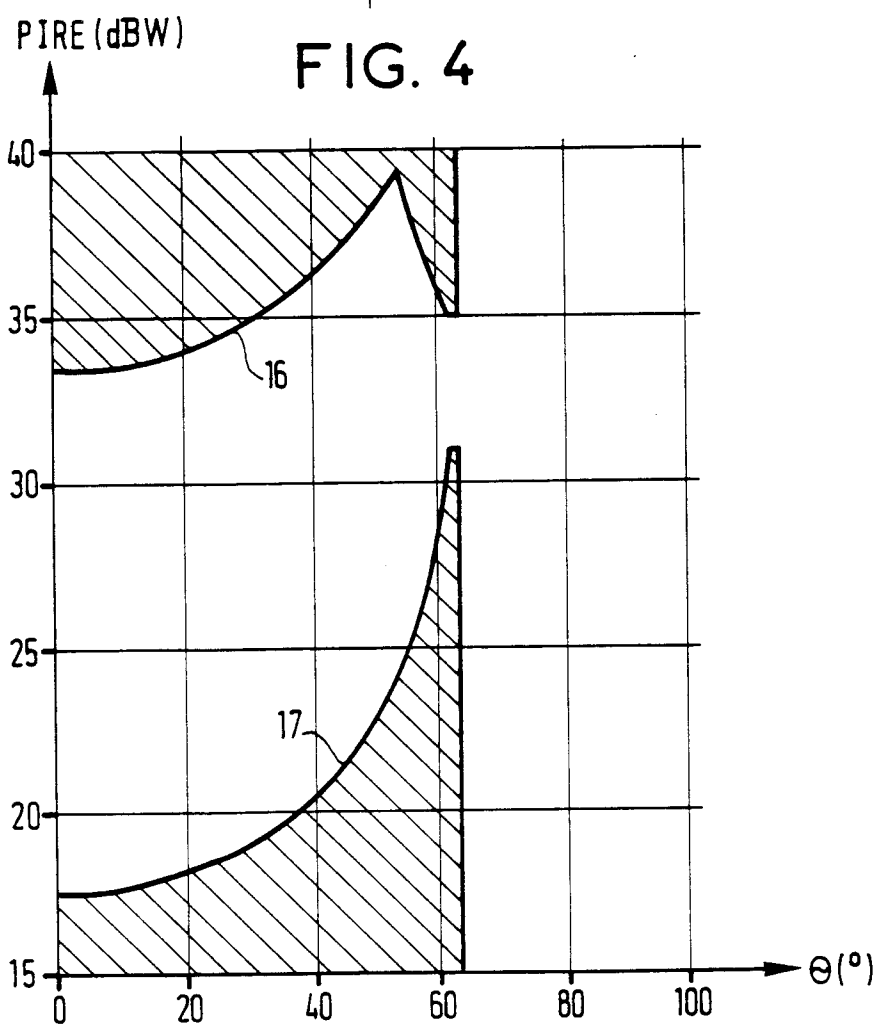
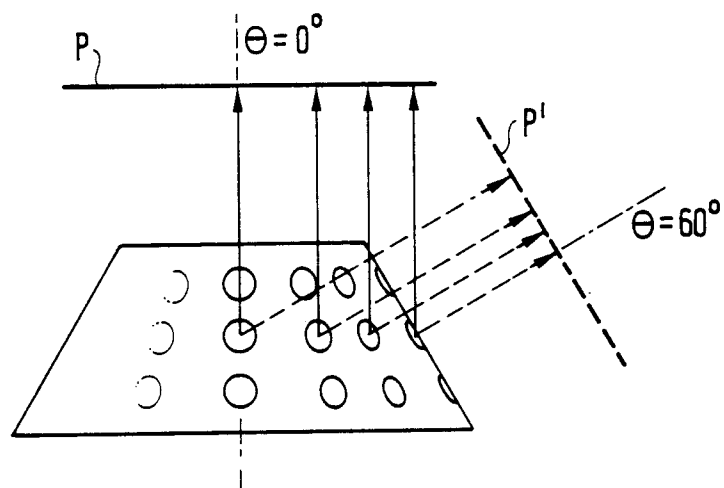
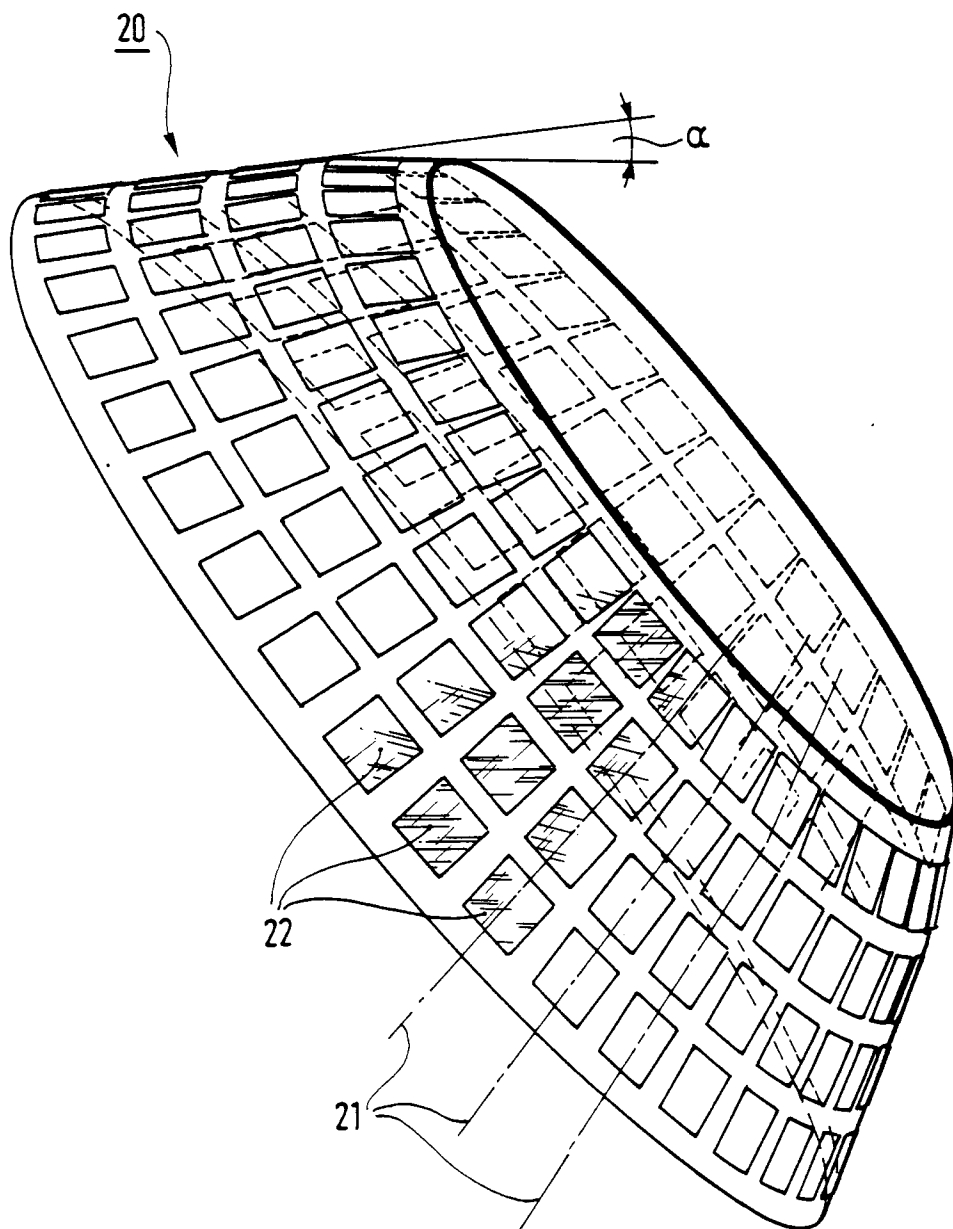
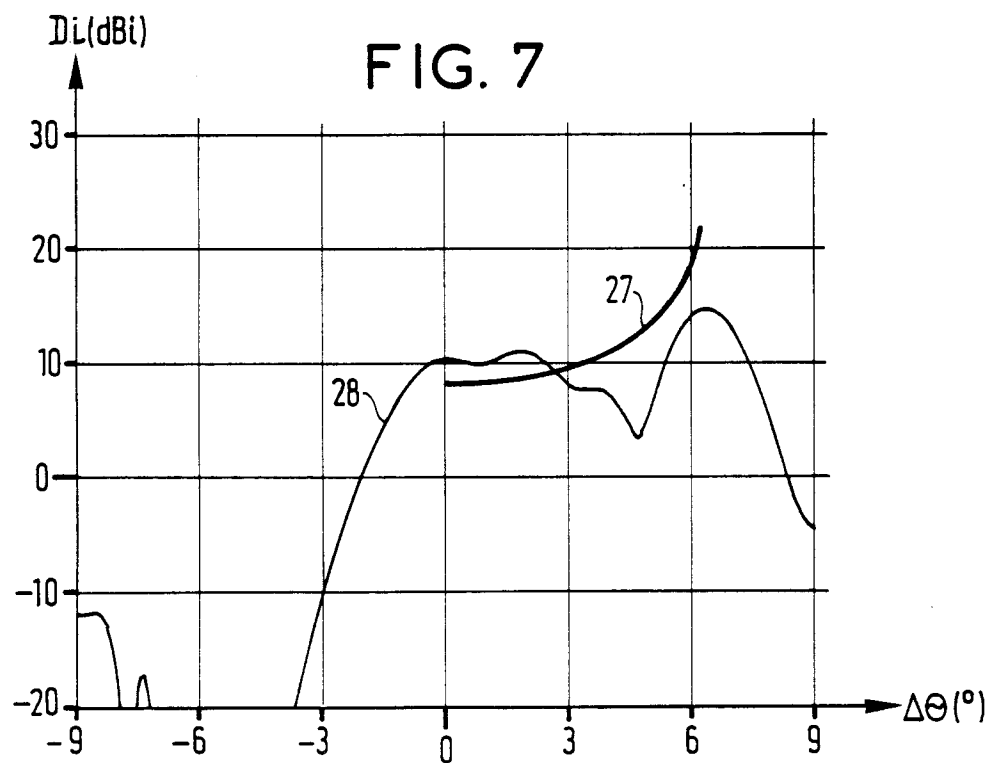
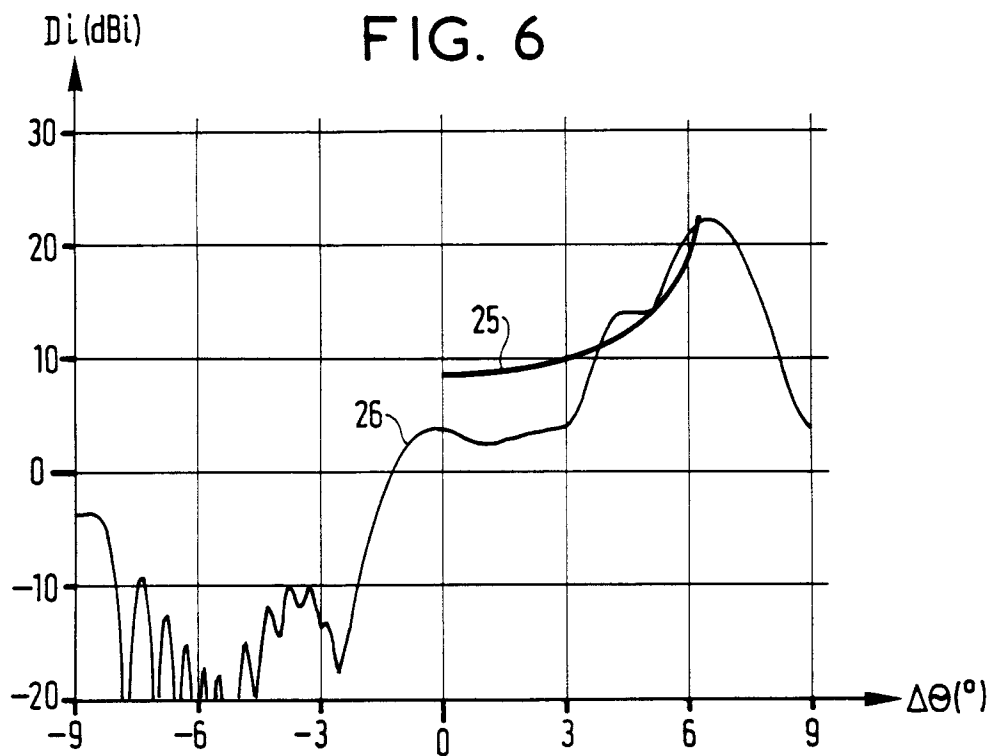


FIG. 5







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 10 7598

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Y	EP-A-0 047 684 (THOMSON-CSF) * page 2, ligne 26 - page 3, ligne 25; figure 2 * ---	1, 2, 4, 5	H01Q21/20 H01Q3/26
Y	US-A-4 980 692 (RUDISH ET AL.) * colonne 11, ligne 59 - colonne 13, ligne 25; figure 3 * ---	1, 2, 4, 5	
A	ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS IN JAPAN, PART I vol. 71, no. 4, Avril 1988, SILVER SPRINGS, US pages 117 - 124; HORI ET AL.: 'Switched-Element Spherical Array Antenna for Wide Scan Angle' * le document en entier * ---	1, 3	
A	OLINER AND KNITTEL 'PHASED ARRAY ANTENNAS' Juin 1970, ARTECH HOUSE, BEDHAM, US * page 292, colonne 295 * ---	1, 3	
A	US-A-4 816 836 (LALEZARI) * abrégé; figures 1-6 * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			H01Q
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 15 JUILLET 1992	Examineur ANGRABEIT F. F. K.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 A : membre de la même famille, document correspondant			