



⑪ Numéro de publication : **0 656 671 A1**

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt : **94402741.6**

⑤① Int. Cl.⁶ : **H01Q 3/16**

⑳ Date de dépôt : **30.11.94**

Revendications modifiées conformément à la règle 86 (2) CBE.

③① Priorité : **02.12.93 FR 9314452**

④③ Date de publication de la demande : **07.06.95 Bulletin 95/23**

⑧④ Etats contractants désignés : **DE FR GB IT**

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

⑦② Inventeur : **Courtonne, Véronique**
76, Avenue Jean Rieux - Bât. C
F-31500 Toulouse (FR)
Inventeur : **Morin, Dominique**
89, Chemin de Brioudes
F-31600 Muret (FR)
Inventeur : **Lacombe, Jean-Claude**
5, Rue du Cours d'Eau
F-31170 Tournefeuille (FR)
Inventeur : **Carbonell, Jean-Pierre**
1, Rue Jean Mermoz
F-31270 Cugnaux (FR)
Inventeur : **Rene, Didier**
39, Chemin Moncong
F-31100 Toulouse (FR)

⑦④ Mandataire : **Pothet, Jean Rémy Emile Ludovic et al**
c/o SOSPI
14-16 rue de la Baume
F-75008 Paris (FR)

⑤④ **Antenne orientable avec conservation des axes de polarisation.**

⑤⑦ L'antenne de l'invention est orientable, directive, et capable de fonctionner soit en émission, soit en réception, soit les deux.

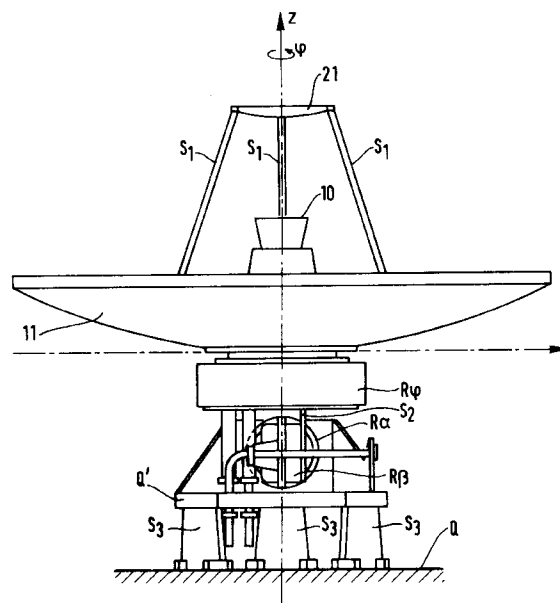
L'antenne comprend au moins un réflecteur, au moins une source de rayonnement électromagnétique comprenant des moyens d'excitation de cette source selon deux polarisations linéaires orthogonales, et des moyens mécaniques de positionnement et de maintien de la source et du réflecteur. Selon l'invention, l'orientation de l'antenne est décomposée en un dépointage et une rotation autour d'une direction privilégiée de propagation du rayonnement, et les moyens mécaniques permettent d'effectuer cette rotation tout en maintenant la source fixe, conservant ainsi l'orientation des axes de polarisation linéaires orthogonales.

Dans une réalisation préférée, l'antenne de l'invention comprend un réflecteur parabolique principal et un réflecteur auxiliaire hyperbolique disposés dans une géométrie Cassegrain, et les moyens mécaniques permettent d'effectuer une rotation des deux réflecteurs autour de la direction privilégiée du rayonnement, tout en maintenant la source fixe, conservant ainsi les axes de polarisations linéaires orthogonales du faisceau.

Applications en radar, télédiffusion directe par satellite, et en télécommunications par voie hertzienne avec réutilisation de fréquences par

diversité de polarisation, particulièrement avantageuse pour des applications spatiales ou aéroportées.

FIG.8



Le domaine de l'invention est celui des antennes pour l'émission et/ou la réception du rayonnement électromagnétique, et plus particulièrement des antennes directives et orientables, aptes à émettre et/ou à recevoir du rayonnement selon une direction déterminée et variable. Une telle antenne peut être constituée par une source de rayonnement et un ou plusieurs réflecteur(s), la forme de de(s) réflecteur(s) et la disposition du système DU/des réflecteurs relativement à la source déterminant la directivité de l'antenne ainsi constituée ainsi que la forme du faisceau émis ou reçu.

De nombreux exemples d'antennes directives connus de l'homme de l'art peuvent être concernés par la présente invention, telles les antennes dites paraboliques, les antennes Cassegrain, les antennes Gregory et cetera, avec leurs variantes ayant une illumination soit axiale, soit "offset". Un système offset est un système comportant un réflecteur principal dont la découpe est excentrée par rapport à l'axe de la surface considérée. Dans le cas mono réflecteur, la source primaire située sur cet axe est inclinée pour viser le centre du réflecteur.

L'invention concerne plus particulièrement des antennes aptes à émettre et/ou à recevoir selon deux polarisations linéaires orthogonales, et dont le succès de leur mission dépend de cette capacité. Tel est le cas pour certaines antennes de télécommunications, par exemple, qui utilisent la diversité de polarisation pour permettre la réutilisation du spectre dans une bande de fréquences donnée. Un autre exemple concerne des antennes pour la télédiffusion par satellite dans des systèmes DBS (Direct Broadcast by Satellite) ou encore DTH (Direct to the Home). Des mesures indépendantes selon des polarisations orthogonales sont aussi effectuées par certains équipements radar, pour déterminer la signature radar d'une cible complexe, par exemple, ou pour des radars météorologiques ou d'observation de la terre.

Dans l'art connu, de telles réalisations ont été, dans leur plus grande majorité, des systèmes terrestres fixes voire embarqués sur des plateformes mobiles terrestres ou aéroportées.

La présente invention, quant à elle, sera particulièrement avantageuse quand déployée dans l'espace, à bord d'un satellite, d'une station orbitale, d'une sonde, ou de tout autre plateforme spatiale.

En effet, un nouveau problème peut apparaître quand on veut extrapoler à partir des systèmes terrestres de l'art connu, pour concevoir un système spatial utilisant la diversité de polarisation, à savoir : les axes implicites de référence dont nous jouissons sur la surface terrestre, la verticale et l'horizontale, n'existent pas dans l'espace. En conséquence, la conservation de ces axes comme références est remise en question.

Ce problème n'est pas insurmontable, et l'on peut même très facilement le résoudre en acceptant dif-

férentes contraintes sur le système.

Par exemple, un satellite géostationnaire de télécommunications, le plus souvent, doit pouvoir communiquer avec un nombre relativement limité de stations fixes au sol. Les orientations des axes de polarisations orthogonales utilisées dans un tel système peuvent être arbitraires à condition d'opérer quelques réglages initiaux sur l'équipement au sol avant la transmission des informations utiles. La contrainte à accepter est que dans ce cas, aucune variation temporelle des paramètres géométriques de la liaison ne peut être tolérée, sans entraîner le besoin d'une nouvelle séquence de réglages. Dans l'art connu, ceci ne pose aucun inconvénient ou presque, car les paramètres géométriques de liaison avec un satellite géostationnaire sont en principe invariables.

La situation est différente pour un satellite en orbite basse, en orbite polaire, ou en orbite inclinée (orbites Walker, Molnya, et cetera) ; ces orbites pouvant être elliptiques ou circulaires. Les satellites placés sur de telles orbites défilent dans le ciel quand vu par un observateur à partir d'un point fixe sur le globe terrestre. En conséquence, une liaison entre un tel satellite dit "défilant" et une station fixe au sol sera selon une direction qui subit une variation en permanence due au mouvement du satellite.

Encore, pour ces satellites défilant, il n'y a pas forcément de problème insurmontable à utiliser des polarisations linéaires orthogonales à condition d'accepter certaines contraintes dans la conception du système. Par exemple, une polarisation linéaire peut être choisie parallèle à la trajectoire du satellite, connue a priori à partir d'éphémérides, et avec l'autre polarisation choisie perpendiculaire à cette trajectoire et au nadir. Chaque station fixe au sol peut connaître à l'avance les orientations des axes de polarisation utilisées par le satellite, et l'antenne au sol peut être réglée en conséquence.

L'importance et la fréquence de tels réglages dépendront de la liberté que l'on veut accorder aux paramètres géométriques de la liaison établie entre le satellite défilant et la station au sol. Dans la mesure où la liaison n'est exploitée que lorsque ces paramètres sont identiques ou presque (variations faibles des valeurs pouvant être tolérées dans une fourchette dont la largeur est déterminée par le bilan de liaison en polarisations croisées), il n'y a pas de problème d'interférences à prévoir entre deux canaux de transmission exploités à la même fréquence en polarisations orthogonales (diversité de polarisation).

Mais cette contrainte est un problème dans les systèmes connus de l'art antérieur, dans la mesure où la possibilité d'orienter l'antenne embarquée se trouve limitée par les spécifications de performances radioélectriques émises par des administrations nationales et internationales (FCC, CCITT, ITU, et cetera) pour les transmissions par voie hertzienne. Dans les systèmes connus, l'orientation de l'antenne peut faire

varier les performances en dehors de la fourchette étroite permise par ces normes et ces spécifications.

La réutilisation de fréquences par diversité de polarisations peut aussi procurer des avantages pour la télédiffusion directe par satellite. Un utilisateur au sol ne sera pas obligé de réorienter son antenne pour viser un deuxième satellite en vue de capter un deuxième "bouquet" d'émissions, si un premier satellite peut fournir les programmes de ce deuxième bouquet, avec ceux du premier bouquet, depuis l'unique position orbitale du premier satellite, en polarisations croisées.

L'invention cherche à remédier aux inconvénients de l'art antérieur pour les satellites de télécommunications (antenne émission et/ou réception) et les satellites de télédiffusion directe (antenne émission uniquement).

Dans les systèmes de radar météorologique embarqué et d'observation de la terre, la polarisation de l'onde reçue par l'équipement peut être utilisée pour mieux sonder la cible. Par exemple, la rétrodiffusion et la dépolarisation d'une onde polarisée émise par le satellite peuvent révéler la nature des précipitations atmosphériques, car la dépolarisation dépend de la taille, de la concentration, et de l'état de phase (glace, liquide en gouttelettes, vapeur) des composés sondés. Dans un autre exemple, la rétrodiffusion radar à partir de la surface de la mer peut révéler l'état d'agitation de la mer par le biais de mesures en polarisation.

La sensibilité à la polarisation est variable suivant la mission. Pour ces deux derniers exemples, la polarisation de l'onde initiale peut être arbitraire sans influer sur le résultat obtenu, justement parce que les cibles elles-mêmes ne sont pas fixes mais au contraire d'orientation arbitraire.

La situation est différente dans le cas où l'on voudrait observer une cible fixe, illuminée par une onde polarisée à des moments séparés dans le temps. De telles mesures successives peuvent servir à observer l'évolution de la cible dans le temps, ou bien pour améliorer le rapport de signal sur bruit et la résolution de l'image fixe par corrélation des images successives (soustraction du fond). Un cas typique en est l'observation d'une même aire géographique ou d'un même objet au sol, lors des passages successifs d'un satellite défilant. Les orbites successives d'un tel satellite ne sont pas closes en général quand vues de la surface terrestre, mais décrivent plutôt une spirale dont le pas avance en longitude. Ce sont par exemple des orbites héliosynchrones.

Un problème avec un tel système de l'art antérieur est que les vecteurs de polarisations orthogonales alors qu'ils peuvent être arbitraires pour des observations isolées, doivent être conservés pour effectuer la corrélation de mesures successives. Or, ces vecteurs ont tendance à évoluer pour au moins deux raisons. D'une part, la précession de l'orbite in-

troduit des facteurs géométriques variables mais prévisibles ; d'autre part la visée au sol d'un même endroit à partir d'orbites successives engendre d'autres variations de paramètres géométriques, qui doivent être prises en compte dans les corrélations à effectuer.

Exprimé de façon la plus générale, le nouveau problème adressé par l'invention est le suivant : on voudrait une antenne dont les éléments peuvent être orientés à volonté pour permettre l'orientation arbitraire du faisceau de rayonnement émis ou reçu, tout en permettant la conservation des axes de polarisations linéaires orthogonales, quelle que soit l'orientation du faisceau. De plus, l'antenne selon l'invention doit permettre la conservation des axes de polarisations linéaires orthogonales même dans le cas d'une rotation du faisceau autour de sa direction principale de propagation.

Pour résoudre ce problème, l'invention concerne une antenne selon la revendication 1 ; comprenant au moins un réflecteur et au moins une source de rayonnement électromagnétique qui définissent une direction de propagation apte à les relier, ladite source comprenant au moins un élément rayonnant et des moyens d'excitation de cet élément, ces moyens étant aptes à exciter ledit au moins un élément rayonnant selon deux polarisations caractéristiques linéaires et orthogonales entre elles ; au moins un réflecteur étant focalisant et d'une forme quelconque et d'une découpe quelconque ; ladite antenne comprenant en outre des moyens mécaniques qui relient la (les) sources et le(s) réflecteurs et qui assurent leur positionnement ; ladite antenne étant apte à émettre ou à recevoir un rayonnement électromagnétique selon une direction privilégiée dont l'orientation est déterminée par la disposition dudit réflecteur et de la source ; lesdits moyens mécaniques de positionnement permettant le mouvement d'au moins un réflecteur par rapport à ladite direction privilégiée du rayonnement, caractérisé en ce que lesdits moyens mécaniques de positionnement permettent de maintenir ladite source en une position telle que lesdits axes de polarisation peuvent être conservés lors d'un mouvement d'au moins un réflecteur par rapport à ladite direction privilégiée du rayonnement.

La nature de la source sera déterminée par le concepteur selon la mission à accomplir. Par exemple, la source peut être un simple cornet, un radiateur microruban ("patch" en anglais), une fente,... ou encore la source peut être une source complexe ou étendue, par exemple un réseau de patches ou de fentes, éventuellement en association avec des cavités. La source complexe peut être une pluralité de sources séparées, avec un réflecteur sélectif en polarisation ou avec une pluralité de réflecteurs sélectifs en fréquence. La source peut être une source directe ou une source périscopique. Bref, l'invention peut être réalisée utilisant toute source connue de

l'homme de l'art pour de telles applications.

Selon une caractéristique de l'invention, ledit mouvement d'au moins un réflecteur comprend une rotation dudit réflecteur autour de ladite direction privilégiée de rayonnement. Selon une autre caractéristique, ledit mouvement comprend un déplacement angulaire (dépointage) de ladite direction privilégiée autour d'un point qui représente la position de la source. Selon une variante, ledit mouvement comprend une rotation dudit réflecteur autour de ladite direction de propagation de rayonnement qui relie ladite source et ledit réflecteur.

Selon une caractéristique particulière, ladite direction de propagation entre la source et le réflecteur coïncide avec ladite direction privilégiée de rayonnement.

Selon une réalisation particulière de l'invention, ledit au moins un réflecteur est un réflecteur unique ayant des génératrices paraboliques, ce réflecteur étant illuminé par une source disposée sensiblement en son foyer, et ledit réflecteur peut être tourné autour de ladite direction de rayonnement tandis que la source est maintenue fixe. La géométrie de l'ensemble est centrée.

Selon une variante, ledit réflecteur parabolique unique, est illuminé par une source disposée dans une géométrie "offset", et ledit réflecteur peut être tourné autour de ladite direction de rayonnement tandis que la source est maintenue fixe.

Selon une autre réalisation particulière, l'antenne comprend au moins deux réflecteurs disposés selon une géométrie dite "Gregory", offset ou centrée. Les deux réflecteurs sont disposés avec leurs surfaces concaves se faisant face et chacun d'eux étant illuminés soit en offset, soit en centrée.

Selon une autre réalisation particulièrement avantageuse, l'antenne comprend au moins deux réflecteurs disposés dans une géométrie Cassegrain, dont un réflecteur principal qui réfléchit ledit faisceau, et un réflecteur auxiliaire qui est illuminé par ladite source, et au moins le réflecteur principal peut être tourné autour de ladite direction privilégiée de rayonnement tandis que la source est maintenue fixe. Selon une variante, l'ensemble des réflecteurs peut être tourné autour de ladite direction privilégiée de rayonnement tandis que la source est maintenue fixe. Selon une caractéristique additionnelle, l'antenne comprend en outre des moyens mécaniques de dépointage de l'ensemble des constituants, sans modification de leur disposition relative, en plus des moyens mécaniques précédemment décrits.

Dans toute les réalisations lesdits réflecteurs focalisant sont d'une forme arbitraire ; toutefois, l'invention sera particulièrement avantageuse si au moins un réflecteur ne comporte pas de symétrie axiale (de rotation autour d'un axe).

Le réflecteur peut être simple ou complexe.

Un réflecteur complexe peut être par exemple un

réflecteur bigrille constitué de deux réflecteurs disposés l'un devant l'autre selon une direction de propagation du faisceau, le premier réflecteur devant être réfléchissant pour une première polarisation linéaire, et transparent pour une deuxième polarisation linéaire orthogonale, qui sera réfléchi par le deuxième réflecteur situé derrière ledit premier réflecteur. Un tel réflecteur bigrille est bien connu de l'homme de l'art. Dans une variante de l'invention utilisant un réflecteur bigrille, lesdits moyens mécaniques permettent la rotation de la source, de forme quelconque, tout en maintenant le(s) réflecteur(s) fixe(s).

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront lors de la description détaillée qui suit, avec ses dessins annexés, dont :

- la figure 1 montre schématiquement un satellite avec un faisceau orientable sur orbite terrestre ;
- la figure 2 montre schématiquement les tracés au sol d'un faisceau orientable d'une antenne orientable selon l'invention avec conservation de la polarisation ;
- la figure 3 montre schématiquement et en coupe latérale une antenne parabolique selon l'art antérieur ;
- les figures 4A, 4B, 4C montrent respectivement en coupe AA', en plan, et en coupe BB', un réflecteur parabolique asymétrique selon une variante de l'invention ;
- la figure 5 montre schématiquement et en coupe la géométrie Cassegrain centrée ;
- la figure 6 montre schématiquement en trois dimensions et en perspective, le réflecteur parabolique des figures 4A, 4B, 4C avec un système de coordonnées qui permet de décrire les mouvements de l'antenne selon l'invention ;
- la figure 7 montre schématiquement et en coupe une géométrie Gregory à l'illumination en offset ;
- la figure 8 montre schématiquement et vue de côté, un exemple d'une réalisation d'une antenne Cassegrain selon l'invention ;
- la figure 9 montre schématiquement en trois dimensions et en vue plongeante, l'exemple de réalisation de la figure 8 ;
- la figure 10 montre un autre exemple en coupe axiale d'une réalisation d'antenne selon l'invention, dans une géométrie Cassegrain centrée avec adjonction d'un réflecteur périscopique auxiliaire et la source déportée ;
- la figure 11 montre schématiquement et en coupe partielle, un autre exemple d'une réalisation d'antenne selon l'invention, dans une géométrie Cassegrain offset.

Les dessins représentent des exemples non limitatifs de réalisations selon l'invention. Les mêmes repères désignent les mêmes éléments sur les différentes figures. L'échelle n'est pas toujours respectée

pour des raisons de clarté.

La figure 1 montre schématiquement un satellite Q sur orbite terrestre.

Le satellite comporte une antenne orientable ; selon la position du réflecteur 11, le faisceau peut être dirigé selon différentes directions, pour illuminer différents endroits sur la terre E. Dans l'exemple de la figure 1, nous voyons le faisceau F dirigé selon le nadir illuminer le "spot" 1, alors que les faisceaux respectivement F', F'' illuminent les spots 1', 1'' (spot est le mot anglais utilisé par l'homme de l'art pour désigner le tracé au sol d'un faisceau étroit dirigé vers la terre E).

Le faisceau peut être orienté soit mécaniquement par positionnement d'un réflecteur principal 11 comme montré schématiquement sur cette figure, soit électroniquement dans le cas d'une antenne réseau en jouant sur les phases appliquées sur les sources élémentaires du réseau.

Dans toute la description qui suit, nous exposons le fonctionnement d'une antenne en émission uniquement. Cependant, l'homme de l'art connaît la réciprocité de la théorie des antennes passives selon laquelle une antenne agit de la même manière en émission et en réception moyennant une inversion du signe du temps (t) dans les équations qui décrivent la propagation électromagnétique (équations de Maxwell).

La description de l'antenne de l'invention sera faite en émission mais il est entendu que l'invention concerne également une antenne de réception ayant les mêmes caractéristiques, ainsi qu'une antenne émission/réception telle une antenne radar ou de télécommunications. Parmi ces différentes variantes, l'électronique d'amplification associée à l'antenne doit être adaptée : soit à l'amplification de puissance pour une antenne à l'émission, soit à l'amplification faible bruit à la réception, soit les deux pour une antenne émission/réception.

Sur la figure 2, nous voyons les tracés au sol d'une antenne orientable selon l'invention avec conservation des vecteurs de polarisation linéaire selon les axes x, y. Dans cet exemple, le spot 1 a la forme d'une ellipse ayant des axes a, b ; l'ellipse étant allongée selon l'axe a. Les axes x, y de polarisation coïncident avec les axes a, b du spot elliptique 1.

Les spots elliptiques 1', 1'' sont illuminés par exemple par les faisceaux F', F'' de la figure 1, obtenus par orientation de l'antenne orientable 11. L'orientation relative entre les spots (1, 1', 1'') peut être obtenue par une combinaison de dépointage de l'antenne qui procure une translation du spot, et une rotation de l'antenne autour de l'axe principal du faisceau émis, pour obtenir une rotation des axes de l'ellipse.

Dans une antenne orientable de l'art connu, une rotation de l'antenne autour de l'axe principal du faisceau est obtenue par des moyens mécaniques qui tournent l'antenne physiquement autour de cet axe principal. Dans le cas où cette antenne est alimentée

par une ou plusieurs sources selon deux axes de polarisation linéaire orthogonaux, les axes de polarisation subissent la même rotation que les axes du spot au sol. Pour les applications envisagées de l'invention, la rotation des axes de polarisation ne peut être tolérée, car elle engendrerait inévitablement une interférence entre les signaux véhiculés par des canaux qui ne sont distincts et séparés que par leur polarisation.

L'antenne de l'invention permet de résoudre ce problème et d'obtenir le résultat illustré sur la figure 2. Nous constatons que les spots 1', 1'' peuvent être illuminés par une translation et une rotation du spot elliptique 1, mais que les axes de polarisation (x, y) sont conservés quelle que soit l'orientation des axes (a', b' ; a'', b'') du spot elliptique (1', 1'' respectivement). Dans cet exemple, les spots elliptiques sont orientés pour mieux couvrir les aires géographiques indiquées sur une carte géopolitique de l'Europe.

Pour mieux comprendre comment l'invention permet de résoudre le problème posé, la figure 3 montre schématiquement et en coupe latérale une antenne parabolique de l'art antérieur. Les éléments essentiels de cette antenne sont le réflecteur focalisant 11 ayant la forme d'un paraboloïde de révolution autour de l'axe de symétrie z, et la source 10 placée au foyer du réflecteur 11.

La source de cet exemple est un cornet 10 alimenté par un guide d'onde 12. Des moyens mécaniques 13 sont prévus pour maintenir la source 10 au foyer du réflecteur 11, dans une disposition géométrique fixe et optimale. La radiation électromagnétique émise par la source 10 au foyer est réfléchiée par le réflecteur 11 selon des rayons parallèles qui forment un faisceau F de rayonnement selon l'axe principal z.

Dans le cas d'un réflecteur principal 10 ayant une symétrie de révolution, il n'y a pas lieu d'effectuer une rotation de l'antenne autour de l'axe principal z car le spot au nadir sera circulaire.

Sur les figures 4A, 4B, 4C sont montrées différentes vues d'un réflecteur parabolique asymétrique, apte à faire un spot allongé sur le sol. La forme du réflecteur 11 quand vue en plan en figure 4B est quasi rectangulaire. Les coupes AA', BB' montrées respectivement en figures 4A, 4C, sont des arcs de paraboloïdes de longueurs différentes. Les arcs peuvent avoir la même longueur focale, malgré leurs longueurs différentes, et le réflecteur 11 aura un foyer unique. Le faisceau résultant d'une source au foyer aura une section rectangulaire.

La figure 5 montre en coupe axiale une géométrie Cassegrain classique, qui comprend une source 10 qui illumine un réflecteur auxiliaire 21 à travers un trou 20 dans un réflecteur principal parabolique 11. La géométrie classique est axisymétrique autour de l'axe z qui correspond à la direction de propagation du faisceau F. La source 10 est soit disposée sur l'axe z,

soit (dans une variante non montrée) imagée sur l'axe à l'aide d'un troisième réflecteur périscopique (non montré).

Le réflecteur auxiliaire 21 à la forme d'un hyperboloïde, dont le premier foyer C coïncide avec le point focal du réflecteur principal parabolique 11, tandis que le centre de phase de la source 10 est imagé au deuxième foyer C' de l'hyperboloïde.

De cette manière, un rayon émis par la source 10 du point C' à un angle de θ par rapport à l'axe z sera réfléchi de la surface du réflecteur auxiliaire 21 vers le réflecteur principal 11 selon une direction qui aura pour son origine le point focal C du réflecteur principal parabolique 11. Les rayons arrivant du point focal C sont réfléchis par le réflecteur principal parabolique par un angle de réflexion θ' pour former un faisceau F dont tous les rayons sont parallèles à l'axe z.

Le vecteur N représente la normale à la surface du réflecteur auxiliaire 21, et le vecteur N' représente la normale à la surface du réflecteur principal 11.

La figure 6 montre schématiquement et en trois dimensions en perspective le réflecteur parabolique (11) des figures 4A, 4B, 4C, avec un système de coordonnées qui permet de décrire les mouvements de l'antenne selon l'invention. Le sommet du réflecteur 11 est situé à l'origine 0, et l'axe z représente la direction de propagation des ondes réfléchies (non-montrées).

Le réflecteur parabolique 11 a une forme rectangulaire approximative quand vu en projection sur une surface plane perpendiculaire à l'axe z, par exemple le plan (x, y).

D est sa largeur selon la direction x, et D' est sa hauteur selon la direction y. Une coupe AA' dans le plan (x, z) décrit une parabole, et une coupe B'B dans le plan (y, z) décrit une parabole, conformément aux figures 4A 4B et 4C.

Le système possède trois degrés de liberté de mouvement : une rotation par un angle φ autour de l'axe principal z ; et un dépointage qui peut être décrit par deux angles (α , β) dans deux plans orthogonaux dont l'intersection est l'axe principal z. Le dépointage peut être représenté par le vecteur unitaire $\vec{u}$ qui est orienté selon les angles de directions (α , β , γ) pour aboutir à un point P en dehors de l'axe z. L'angle γ peut être exprimé comme une fonction des deux variables indépendantes (α , β).

L'angle α représente la projection du vecteur $\vec{u}$ sur le plan (x, z) et le point M' la projection du point P sur ce même plan (x, z).

L'angle γ représente la projection du vecteur $\vec{u}$ sur le plan (x, y), et le point M la projection du point P sur ce même plan (x, y). L'angle β représente la projection du vecteur $\vec{u}$ sur le plan (y, z). La projection du point P sur ce plan n'est pas montrée pour des raisons de clarté du dessin.

Une rotation du réflecteur peut être représentée soit par l'angle φ autour de l'axe principal z, soit par l'angle φ' autour du vecteur unitaire $\vec{u}$; ces angles ne sont pas indépendants l'un de l'autre.

La figure 7 montre schématiquement et en coupe une géométrie Gregory à l'illumination en offset. Le réflecteur principal parabolique 11 est illuminé par la source 10 via un réflecteur auxiliaire elliptique 13 disposé en dehors de l'axe principal z du faisceau F des rayons parallèles. La source 10 placée au premier foyer de l'ellipse émet vers le réflecteur auxiliaire 13 selon l'axe z'' et les ondes sont réfléchies vers le réflecteur principal 11 et focalisées en un point C'' (foyer de la parabole et deuxième foyer de l'ellipse), d'où elles divergent pour illuminer la totalité du réflecteur principal 11. Ce système possède donc deux axes (z, z'') autour desquels on peut effectuer soit une rotation φ autour de l'axe z, soit une rotation φ'' autour de l'axe z'', respectivement.

La figure 8 montre schématiquement et en plan un exemple d'une réalisation selon l'invention d'une antenne Cassegrain orientable avec conservation de polarisation. Comme dans la figure 5, le réflecteur parabolique principal 11 est illuminé par la source 10 via le réflecteur hyperbolique auxiliaire 21, dont l'un des foyers est disposé au foyer du réflecteur parabolique principal 11. Les deux réflecteurs (11, 21) sont maintenus mécaniquement en position relative moyennant des supports S_1 .

L'ensemble comprenant la source (10), les réflecteurs (11, 21) et les moyens mécaniques de positionnement (dépointage, rotation) est fixé moyennant les supports S_3 à la plateforme Q, un satellite par exemple.

Les moyens de positionnement comprennent trois moteurs pas à pas (R_φ , R_α , R_β) capable d'effectuer des déplacements angulaires (φ , α , β) explicités sur la figure 6. Ces moyens sont montés sur une petite plateforme Q' qui repose sur les supports S_3 .

Les moyens de dépointage (R_α , R_β) sont fixés sur la petite plateforme Q' et entraînent le support S_2 qui soutient le moteur de rotation axiale R_φ . Ce moteur de rotation axiale R_φ est fixé mécaniquement au réflecteur principal 11 pour effectuer une rotation (φ) de ce dernier autour de l'axe principal z. A la différence des antennes connues de l'art antérieur la rotation du réflecteur principal 11 n'entraîne pas la rotation de la source 10, qui n'est pas fixée au réflecteur 11.

La source 10 est alimentée en deux polarisations orthogonales qui elles aussi restent fixes par rapport à la source 10 lors d'une rotation φ du réflecteur principal.

Sur la figure 9, la même réalisation de la figure 8 est montrée en trois dimensions et en perspective vue de dessus. Les éléments déjà décrits sur la figure 8 portent les mêmes références. Nous voyons le trou 20 dans le réflecteur principal 11 pour permettre le

passage de la source 10, sans contact mécanique avec ce dernier. Cette caractéristique, déjà présente dans la géométrie Cassegrain centrée est mise à profit selon l'invention pour isoler la source 10 des rotations φ du réflecteur principal et du réflecteur auxiliaire lié au principal 11 autour de l'axe z.

Les coupes (A, A' ; B, B') orthogonales du réflecteur principal 11 sont des paraboles comme dans les figures 4A, 4B, 4C et 6.

Les projections des points A, A' ; B, B' sur le plan x, y sont les points a, a' ; b, b' respectivement, et donne les dimensions latérales du réflecteur principal 11 et du réflecteur auxiliaire 21 fixe au réflecteur principal 11 par les tiges de support S_1 . Dans le cas le plus général, et comme montré sur la figure 6, ces dimensions latérales (aa', bb') sont inégales, et la section du faisceau F (non montrée) peut avoir une forme arbitraire déterminée par la forme du périmètre du réflecteur principal 11, elliptique dans cet exemple.

Sur cette figure 9, la source 10 de cet exemple est un cornet, mais peut être réalisé selon toute autre technologie connue de l'homme de l'art. Par exemple la source 10 peut être un réseau de sources élémentaires réalisées en technologie microruban.

La figure 10 montre schématiquement et en coupe axiale une autre réalisation selon l'invention qui représente une variante de l'antenne montrée sur les figures 8 et 9.

Il s'agit d'une antenne de géométrie Cassegrain centrée avec adjonction d'un réflecteur auxiliaire périscopique 14 qui reçoit le rayonnement de la source 10 déportée sur l'axe z' parallèle à l'axe x et perpendiculaire à l'axe principal z. Ce réflecteur auxiliaire 14 est disposé de telle manière qu'il réfléchit le rayonnement de la source 10 selon l'axe z pour illuminer le réflecteur auxiliaire hyperbolique 21. Tout se passe alors selon la description qui a été faite des figures 8 et 9.

La source 10 reste fixe par rapport aux plateformes Q et Q', même lors d'une rotation φ du réflecteur principal et de auxiliaire 11 par le moteur R_φ . Lors d'un dépointage α dans le plan x, z, la position du réflecteur auxiliaire 14 est ajustée pour tenir la réflexion du rayonnement de la source 10 selon l'axe principal z pour illuminer le réflecteur auxiliaire 21.

La figure 11 montre schématiquement et en coupe partielle un autre exemple d'une réalisation selon l'invention d'une antenne Cassegrain offset orientable avec conservation de polarisation. Comme dans les figures précédentes, le réflecteur parabolique principal 11 est illuminé par la source 10 via un réflecteur auxiliaire 15. Le réflecteur principal est illuminé en offset par le réflecteur auxiliaire à un angle de δ par rapport à la normale N' du réflecteur principal 11 à son sommet ; le faisceau F (non montré) est réfléchi au même angle δ de la normale N' selon l'axe principal z.

Le dépointage du faisceau est obtenu dans cet

exemple par positionnement du réflecteur principal par les moyens R_α , R_β . Différents moyens mécaniques de support statique sont montrés (S_5 , S_6 , S_7), ainsi qu'un support amovible S_4 qui soutient la plateforme Q' selon l'axe principal z, tout en permettant son déplacement dans un plan perpendiculaire à z. Différents moyens d'isolation thermique (I_1 , I_2) sont aussi portés sur cette figure.

Dans l'exemple de la figure 11, l'axe principal z est éloigné de l'axe d'illumination z' du réflecteur auxiliaire 15, et les deux axes sont parallèles. Une plateforme mobile Q' sur laquelle sont montés le réflecteur principal 11 et les moyens du support (S_5 , S_6 , S_7) et de dépointage (R_α , R_β) de ce dernier, peut être déplacée par les moyens R_φ d'un angle φ autour de l'axe z d'illumination primaire. Puisque la source 10 reste fixe par rapport à la plateforme Q (un satellite par exemple) lors d'une rotation φ autour de l'axe z', les axes de polarisation restent invariants par rapport à la plateforme Q.

Les moyens de support S_8 du réflecteur auxiliaire 15 relie ce dernier à la plateforme mobile Q', ce qui fait qu'une rotation de ce dernier n'entraîne pas de modification de la géométrie relative des deux réflecteurs principal 11 et auxiliaire 15.

Ces quelques exemples de réalisations selon l'invention servent à illustrer ses principes et quelques unes de ces variantes à partir desquels l'homme de l'art saura décliner l'invention selon les besoins spécifiques d'une mission donnée. Dans ces exemples, les moyens de dépointage sont mécaniques et agissent sur le réflecteur principal mais l'invention peut aussi faire appel à un dépointage électronique (par déphasages des sources élémentaires en réseau) ou encore, à un dépointage effectué par des moyens mécaniques qui agissent sur un réflecteur auxiliaire ou auxiliaire périscopique.

La rotation du spot formé au sol, sans rotation des polarisations, peut être obtenue soit par une rotation φ autour de l'axe principal (z), soit par une rotation φ du système de réflecteur(s) autour de l'axe d'illumination primaire z', soit par une rotation φ' autour d'un axe principal dépointé $\bar{z}$. Dans tous les cas, un découplage des moyens de dépointage et de moyens de rotation autour de l'un des axes (z, z',

$\bar{z}$) de propagation de rayonnement électromagnétique permet l'orientation du faisceau avec conservation de la polarisation. Il est évident, inversement, que ce même découplage permet à l'antenne selon l'invention, moyennant des adaptations de mécanismes, d'effectuer une rotation des axes de polarisation, tout en maintenant l'orientation du faisceau fixe, bien que cette capacité ne soit pas nécessaire pour les applications envisagées pour les exemples donnés.

Revendications

1. Antenne comprenant au moins un réflecteur (11) et au moins une source (10) de rayonnement électromagnétique qui définissent une direction de propagation apte à les relier, ladite source (10) comprenant au moins un élément rayonnant et des moyens d'excitation de cet élément, ces moyens étant aptes à exciter ledit au moins un élément rayonnant selon deux polarisations caractéristiques linéaires et orthogonales entre elles ; au moins un réflecteur étant focalisant et d'une forme quelconque et d'une découpe quelconque ; ladite antenne comprenant en outre des moyens mécaniques ($S_1, S_2, \dots$) qui relient la (les) source(s) (10) et le(s) réflecteur(s) (11) et qui assurent leur positionnement ; ladite antenne étant apte à émettre ou à recevoir un rayonnement électromagnétique selon une direction privilégiée dont l'orientation est déterminée par la disposition dudit réflecteur (11) et de la source (10); lesdits moyens mécaniques de positionnement ($S_1, S_2, R\phi, \dots$) permettant le mouvement d'au moins un réflecteur (11) par rapport à ladite direction privilégiée du rayonnement, **caractérisé en ce que** lesdits moyens mécaniques de positionnement ($S_1, S_2, R\phi, \dots$) permettent de maintenir ladite source (10) en une position telle que lesdits axes de polarisation peuvent être conservées lors d'un mouvement d'au moins un réflecteur (11) par rapport à ladite direction privilégiée du rayonnement.

2. Antenne comprenant au moins un réflecteur (11) et au moins une source (10) de rayonnement électromagnétique, chaque source étant capable d'émettre et/ou de recevoir du rayonnement selon une direction dite primaire qui relie la source (10) à au moins un réflecteur ; la source (10) comprenant au moins un élément rayonnant et des moyens d'excitation de cet élément, ladite antenne étant apte à émettre ou à recevoir un faisceau F de rayonnement électromagnétique d'une section arbitraire et selon une direction privilégiée z de rayonnement, cette direction privilégiée étant déterminée par la disposition et l'orientation dudit réflecteur (11) et de la source (10), ledit réflecteur 11 étant d'une forme quelconque, et ledit faisceau F de rayonnement ayant des axes de polarisation qui lui sont conférées par l'excitation appliquée à ladite source (10), ledit faisceau F étant orientable par un mouvement de l'antenne ou de ses composants, ladite antenne comprenant en outre des moyens mécaniques ($S_1, S_2, \dots$) qui déterminent la disposition relative du réflecteur (11) et de la source (10),

caractérisé en ce que lesdits moyens mécaniques ($S_1, S_2, R\phi$) permettent audit réflec-

teur (11) d'effectuer une rotation (ϕ, ϕ, ϕ') autour d'un axe de propagation ($z, z', \bar{u}$) dudit rayonnement électromagnétique, tout en maintenant ladite source (10) en une position telle que les axes de polarisation restent invariables lors de ladite rotation (ϕ, ϕ, ϕ').

3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ladite rotation est une rotation ϕ autour de l'axe principal z qui représente la direction privilégiée de rayonnement du faisceau F, effectuée par des moyens mécaniques de rotation $R\phi$ qui agissent sur la disposition d'au moins un réflecteur (11), tout en laissant la position de la source (10) inchangée, maintenant ainsi les axes de polarisation invariables.

4. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ladite rotation est une rotation ϕ autour d'un axe dit auxiliaire (z') qui relie la source (10) et un premier réflecteur (15) dit auxiliaire, effectué par des moyens mécaniques de rotation $R\phi$ qui agissent sur la disposition d'au moins un réflecteur (11), tout en laissant la position de la source (10) inchangée.

5. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que ledit axe auxiliaire z' est le même que ladite direction privilégiée z, et l'antenne possède une géométrie coaxiale.

6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, ayant une géométrie Cassegrain centrée ou offset.

7. Antenne selon l'une des revendications 1, 2, 3 ou 5, ayant un réflecteur principal parabolique (11), illuminé par une source (10) disposée en son foyer, caractérisé en ce que ledit réflecteur (11) peut être tourné autour de ladite direction privilégiée z de rayonnement tandis que la source (10) est maintenue fixe.

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle est réalisée selon une géométrie Gregory offset ou centrée.

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des moyens de dépointage ($R\alpha, R\beta$) qui permettent de changer la direction de ladite direction privilégiée z tout en maintenant les axes de polarisation invariables dans le spot.

10. Antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle fonctionne en

émission.

11. Antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle fonctionne en réception.

12. Antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle fonctionne en émission et en réception.

13. Antenne selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre une source primaire (10) complexe.

14. Antenne selon la revendication 13, caractérisée en ce que ladite source primaire complexe comprend une pluralité de sources séparées, et en ce que ladite antenne comprend en outre au moins un réflecteur sélectif en polarisation.

15. Antenne selon la revendication 13, caractérisée en ce que ladite source primaire complexe comprend une pluralité de sources séparées, et en ce que ladite antenne comprend en outre une pluralité de réflecteurs sélectifs en fréquence.

16. Antenne selon la revendication 13, caractérisée en ce que ladite source primaire complexe comprend au moins une source périscopique.

17. Antenne comprenant au moins un réflecteur (11) et au moins une source (10) de rayonnement électromagnétique qui définissent une direction de propagation apte à les relier, ladite source (10) comprenant au moins un élément rayonnant et des moyens d'excitation de cet élément, au moins un réflecteur étant un réflecteur bigrille d'une forme quelconque et d'une découpe quelconque, et ledit faisceau F de rayonnement ayant des axes de polarisation orthogonaux qui lui sont conférées par l'orientation des grilles dudit réflecteur (11) ; ladite antenne comprenant en outre des moyens mécaniques ($S_1, S_2, \dots$) qui relient la (les) source(s) (10) et le(s) réflecteur(s) (11) et qui assurent leur positionnement ; ladite antenne étant apte à émettre ou à recevoir un rayonnement électromagnétique selon une direction privilégiée dont l'orientation est déterminée par la disposition dudit au moins un réflecteur (11) et de ladite source (10) ; lesdits moyens mécaniques de positionnement ($S_1, S_2, R_\phi, \dots$) permettant le mouvement d'au moins un réflecteur (11) par rapport à ladite direction privilégiée du rayonnement, **caractérisé en ce que** lesdits moyens mécaniques de positionnement ($S_1, S_2, R_\phi, \dots$) permettent d'effectuer une rotation (ϕ, ϕ, ϕ') de ladite source (10), tout en maintenant ledit au moins un réflecteur (11) bigrille en une position telle que

lesdits axes de polarisation peuvent être conservées par rapport à ladite direction privilégiée du rayonnement.

18. Antenne comprenant au moins un réflecteur (11) et au moins une source (10) de rayonnement électromagnétique, chaque source étant capable d'émettre et/ou de recevoir du rayonnement selon une direction dite primaire qui relie la source (10) à au moins un réflecteur (11) ; la source (10) comprenant au moins un élément rayonnant et des moyens d'excitation de cet élément, ladite antenne étant apte à émettre ou à recevoir un faisceau F de rayonnement électromagnétique d'une section arbitraire et selon une direction privilégiée z de rayonnement, cette direction privilégiée étant déterminée par la disposition et l'orientation dudit réflecteur (11) et de la source (10), ledit réflecteur (11) étant un réflecteur bigrille d'une forme quelconque, et ledit faisceau F de rayonnement ayant des axes de polarisation orthogonaux qui lui sont conférées par l'orientation des grilles dudit réflecteur (11), ledit faisceau F étant orientable par un mouvement de l'antenne ou de ses composants, ladite antenne comprenant en outre des moyens mécaniques ($S_1, S_2, \dots$) qui déterminent la disposition relative du réflecteur (11) et de la source (10),

caractérisée en ce que lesdits moyens mécaniques (S_1, S_2, R_ϕ) permettent à ladite source (10) d'effectuer une rotation (ϕ, ϕ, ϕ') autour d'un axe de propagation ($z, z', \hat{u}$) dudit rayonnement électromagnétique, tout en maintenant ledit réflecteur bigrille (11) dans sa position de façon que les axes de polarisation du faisceau F restent invariables lors de ladite rotation (ϕ, ϕ, ϕ') de la source.

FIG.1

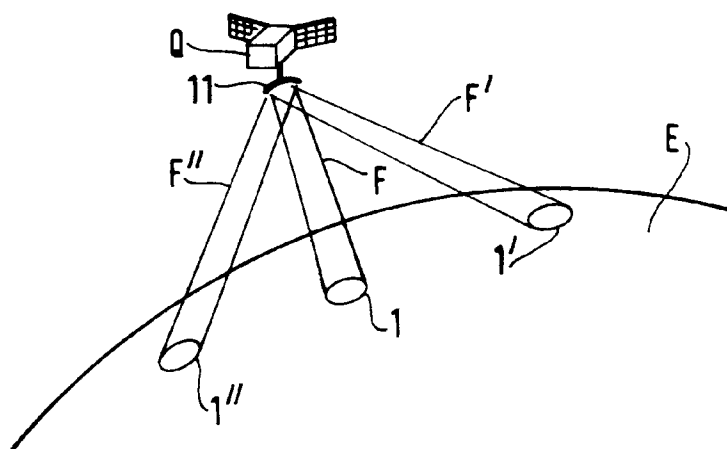


FIG.2

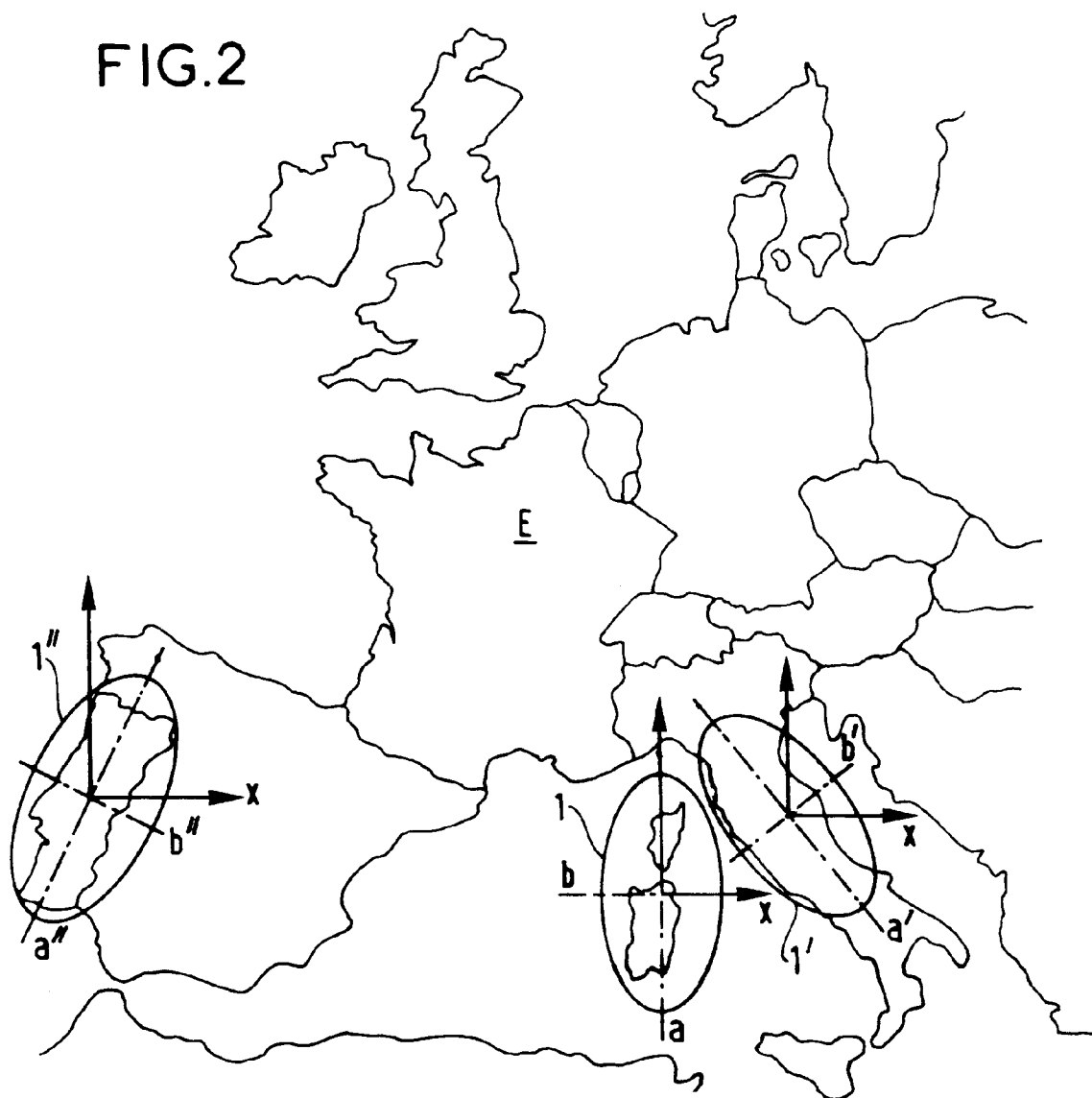


FIG.3

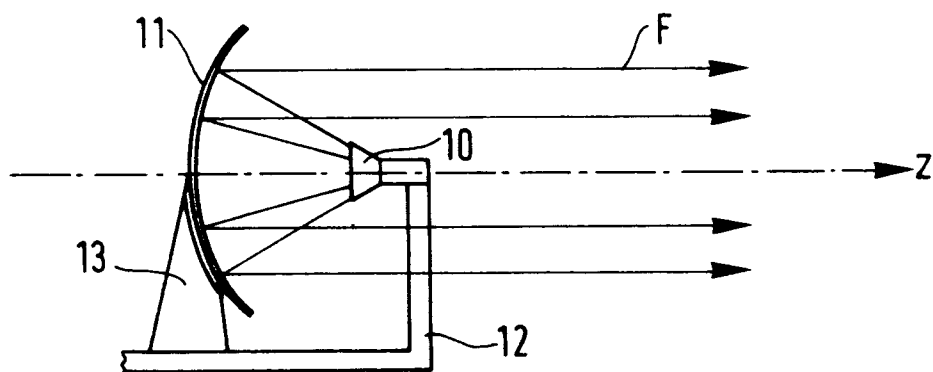


FIG.4A



FIG.4B

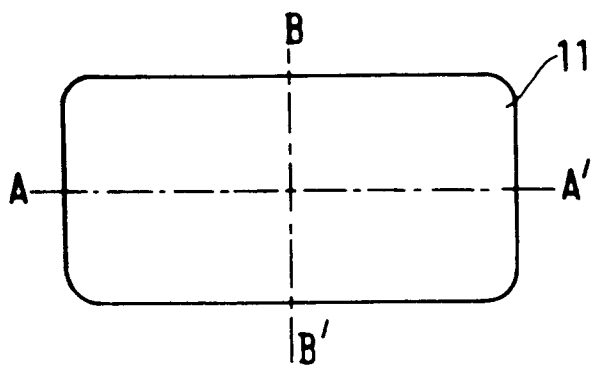


FIG.4C



FIG.5

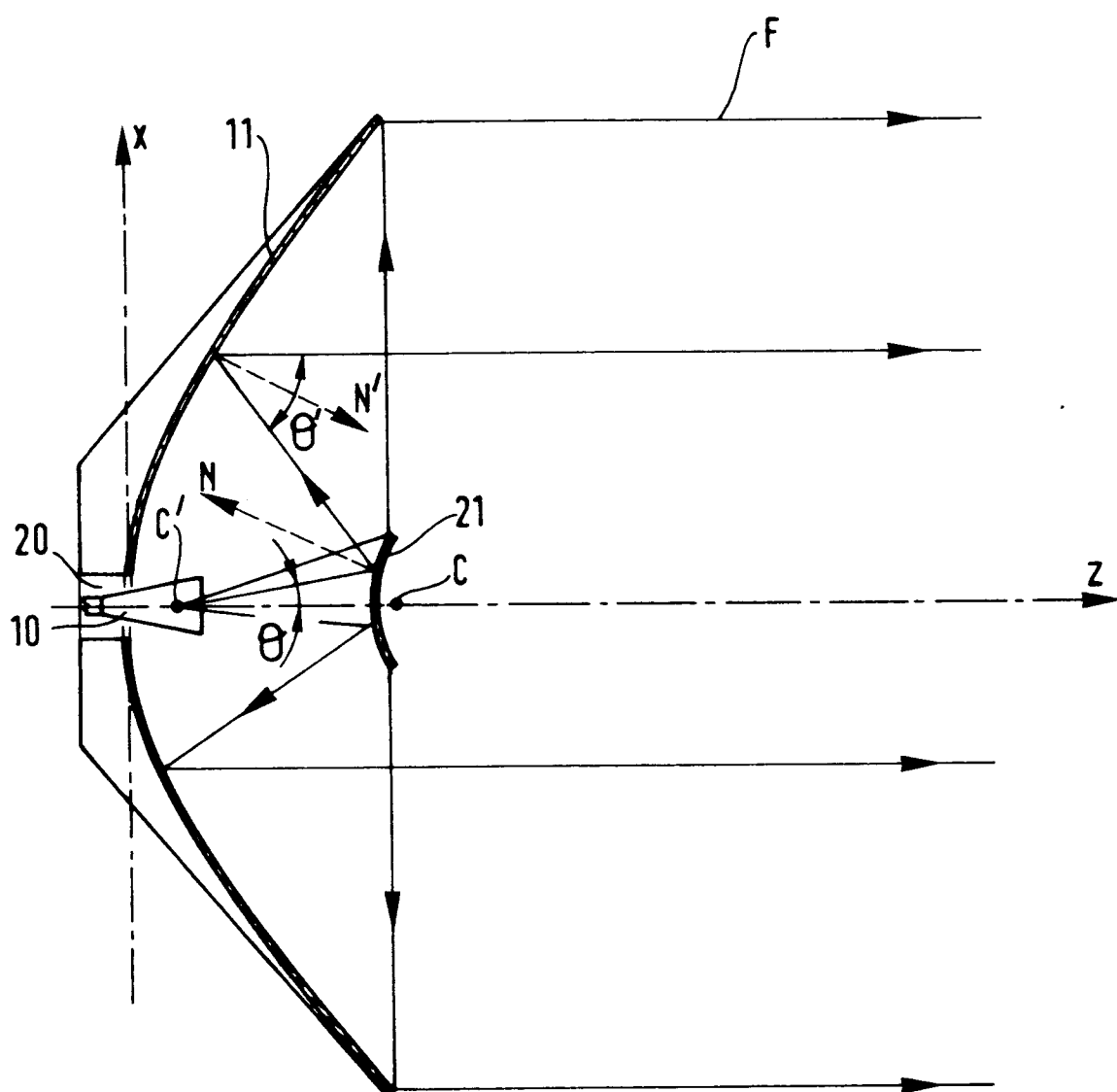


FIG.6

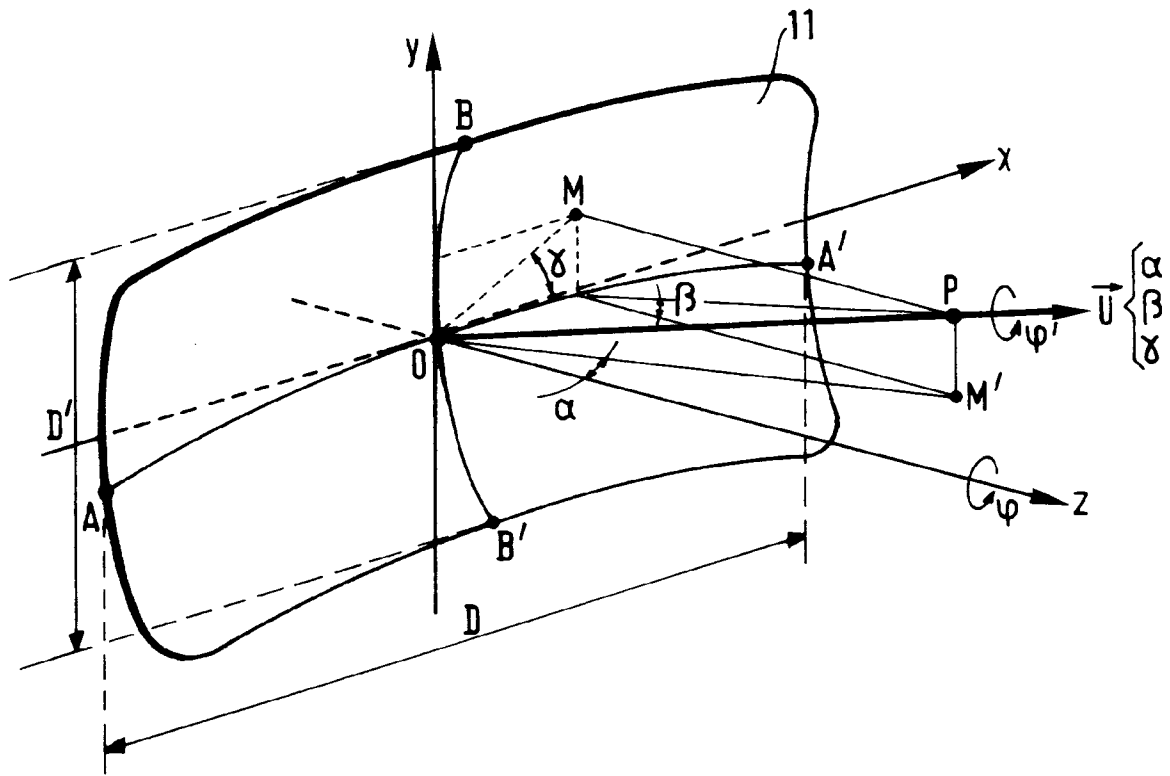


FIG.7

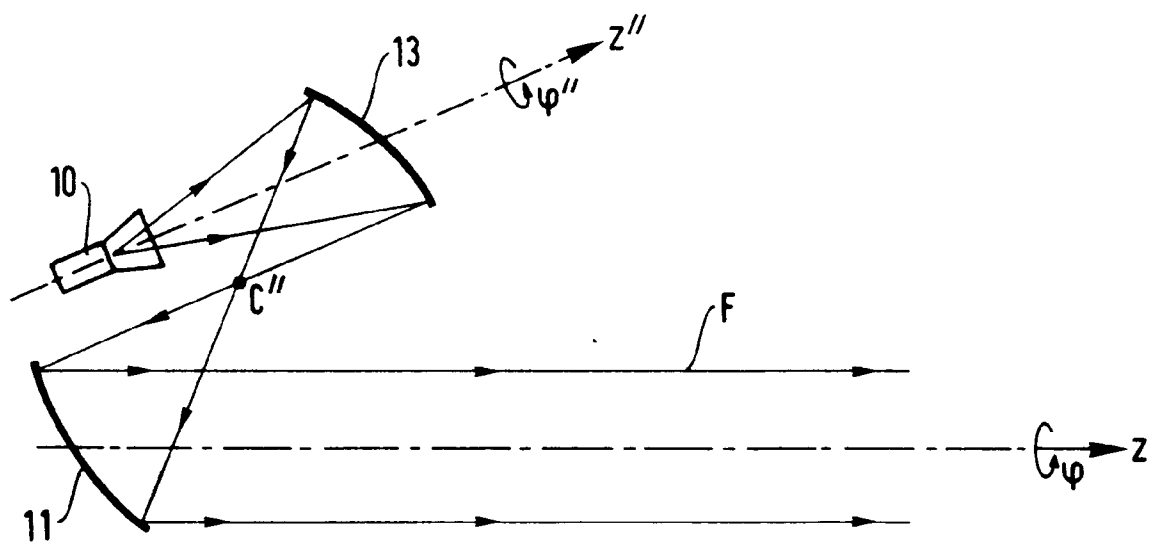


FIG.8

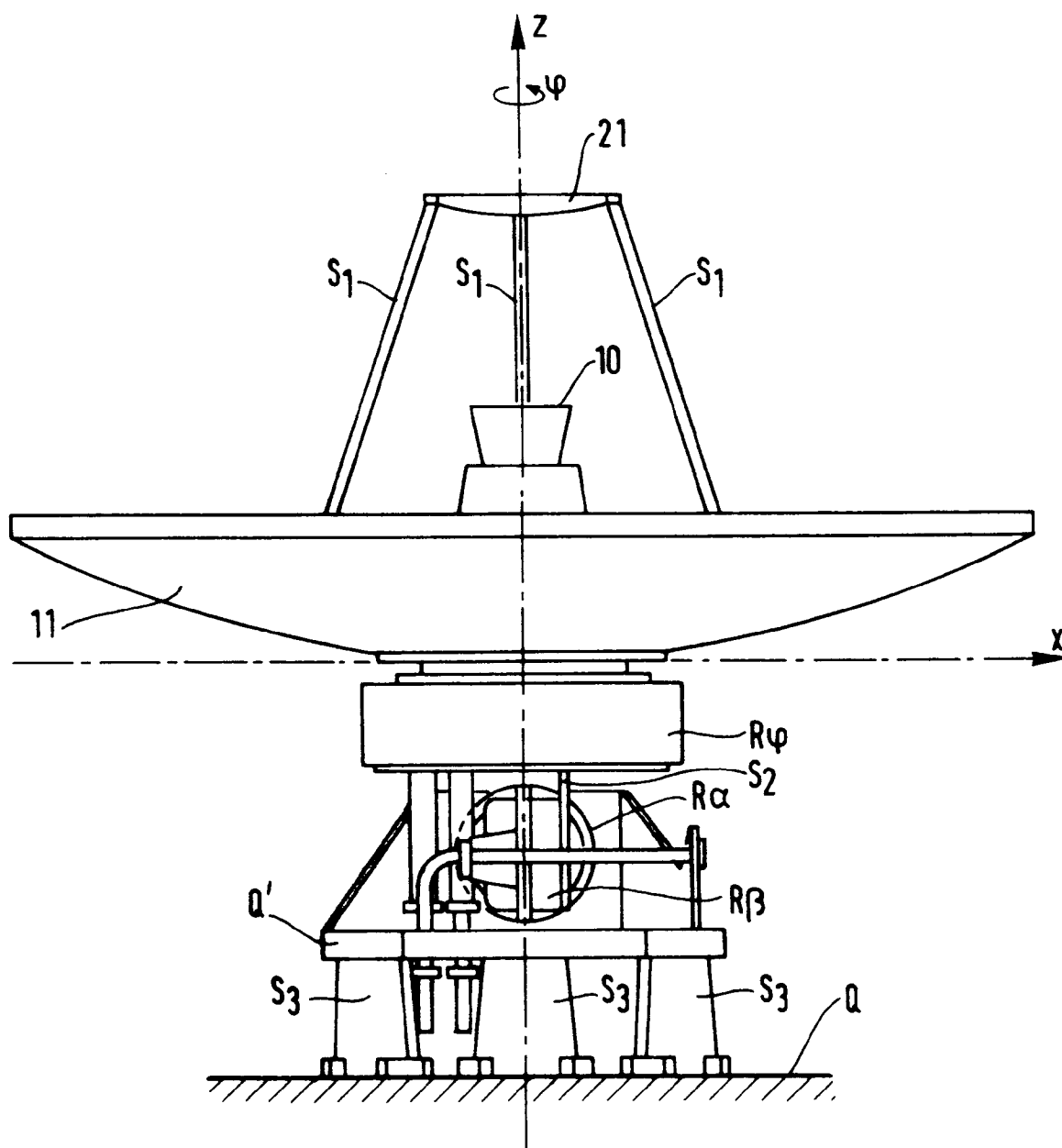


FIG.9

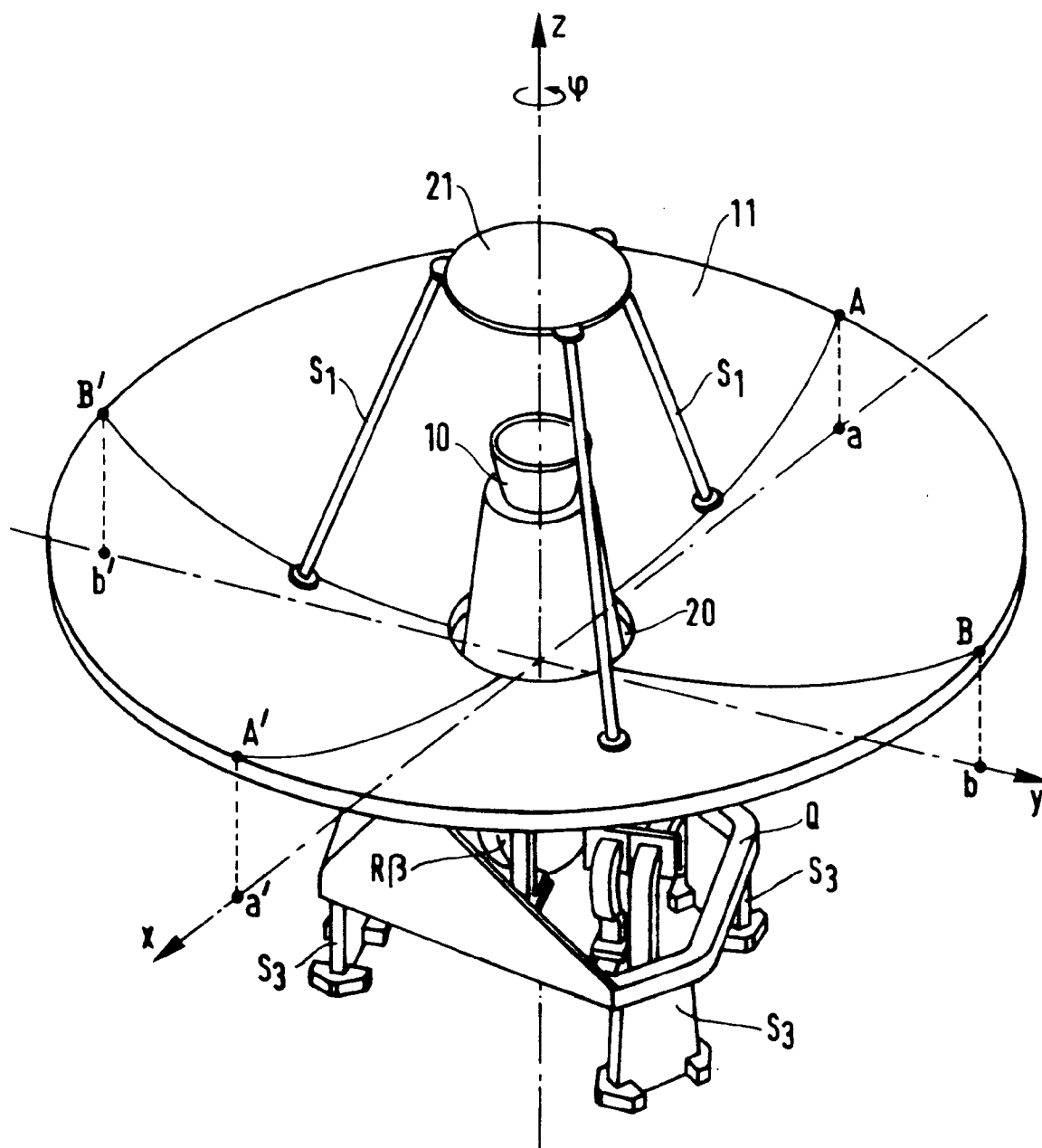
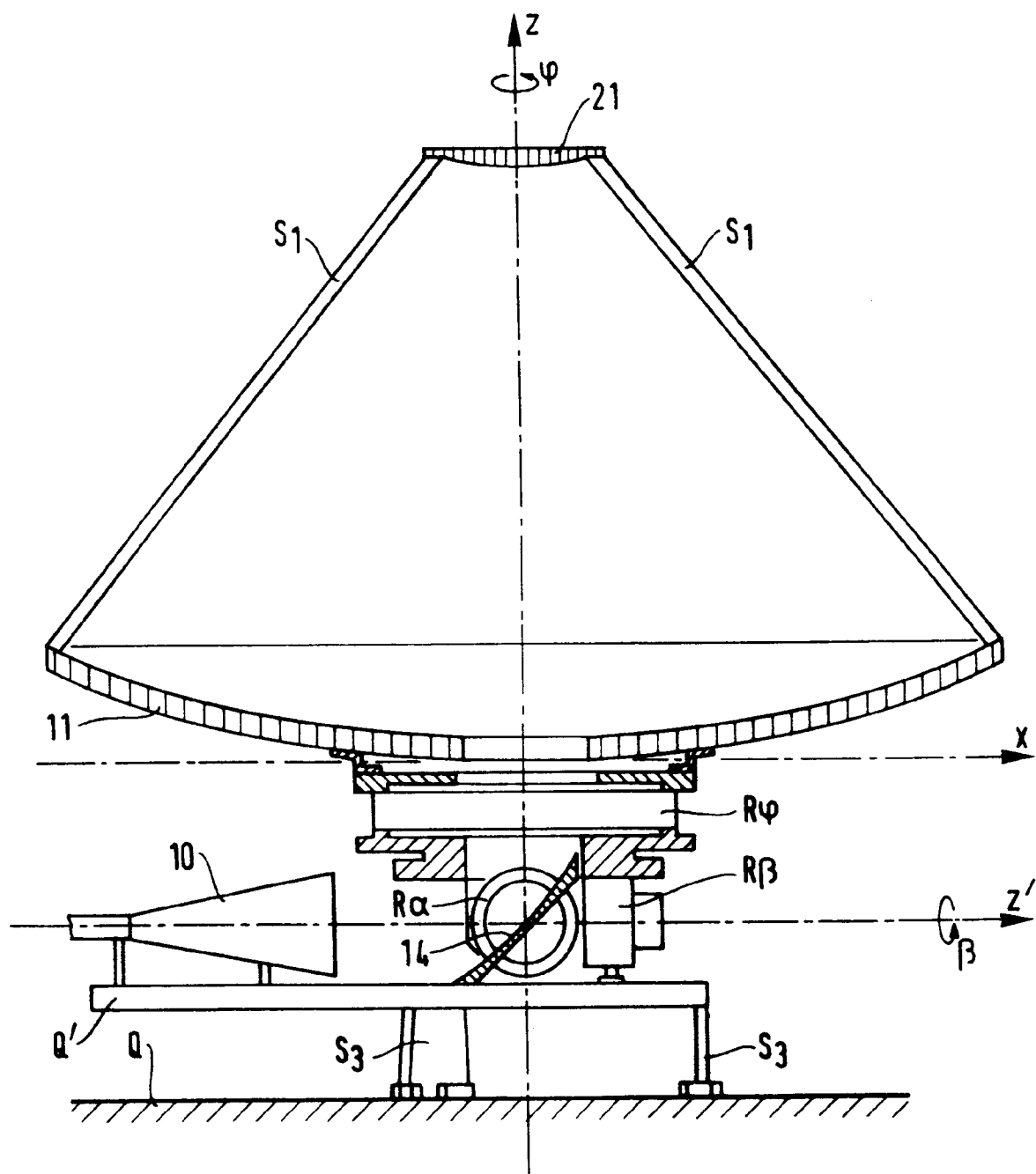
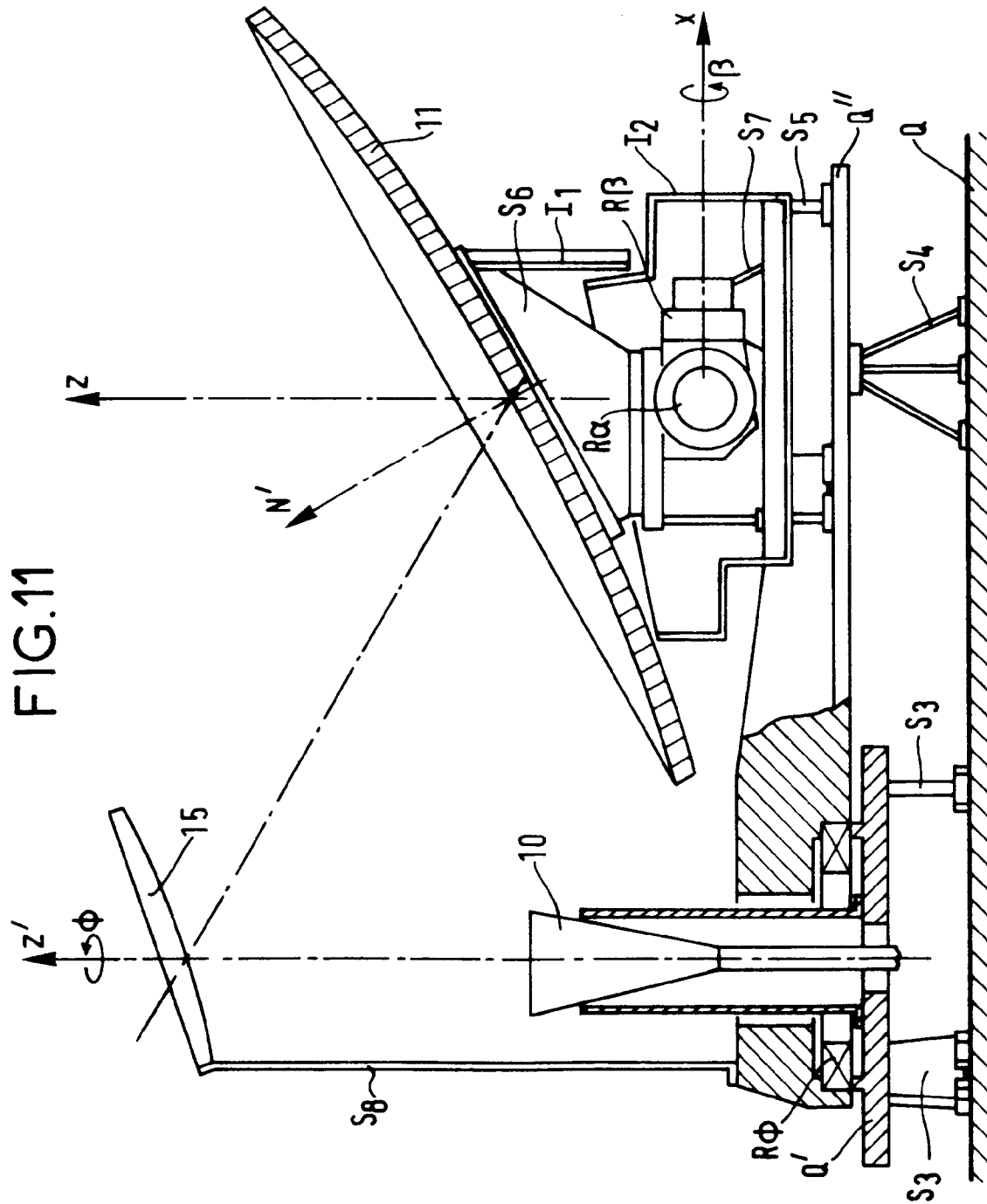


FIG.10







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 40 2741

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.6)
A	EP-A-0 139 482 (BRITISH AEROSPACE PLC.) * abrégé; figures 1,2 * * page 3, ligne 20 - ligne 22 * ---	1,2,8	H01Q3/16
A	US-A-4 786 912 (BROWN ET AL.) * abrégé; figure 1 * * colonne 3, ligne 9 - ligne 19 * * colonne 4, ligne 15 - ligne 41 * ---	1,4,5	
A	US-A-4 535 338 (OHM) * abrégé; figure 2 * * colonne 4, ligne 16 - ligne 31 * ---	1,3	
A	DE-A-23 21 613 (ROHDE & SCHWARZ) * page 3, ligne 22 - ligne 32; figure 1 * ---	3	
A	US-A-4 668 955 (SMOLL) * abrégé; figures 1,8-10 * * colonne 3, ligne 20 - ligne 39 * ---	1,7	
A	US-A-3 562 753 (TANAKA ET AL.) * colonne 3, ligne 11 - ligne 37; figures 1A,1B,3-5 * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	US-A-3 914 768 (OHM) * le document en entier * -----		H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 26 Janvier 1995	Examineur Danielidis, S
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 & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1500 01.92 (P/M/CB)