



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
08.02.95 Bulletin 95/06

⑤① Int. Cl.⁶ : **H01Q 11/08**

②① Numéro de dépôt : **90460041.8**

②② Date de dépôt : **07.11.90**

⑤④ **Antenne en hélice, quadrifilaire, résonnante bicouche.**

③⑩ Priorité : **10.11.89 FR 8914952**

④③ Date de publication de la demande :
15.05.91 Bulletin 91/20

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
08.02.95 Bulletin 95/06

⑥④ Etats contractants désignés :
DE GB NL

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 169 823
EP-A- 0 320 404
US-A- 3 906 509
US-A- 4 008 479
US-A- 4 148 030
MICROWAVES & RFmars 1984, pages 115-119;
J.L. WONG et al.: "UHF satellite array nulls
adjacent signals"
MICROWAVE JOURNAL décembre 1970,
pages 49-54;C.C. KILGUS: "Resonant Quadri-
fililar Helix Design"

⑦③ Titulaire : **FRANCE TELECOM**
6, Place d'Alleray
F-75015 Paris (FR)

⑦② Inventeur : **Terret, Claude**
14 avenue du Sergent Maginot
F-35000 Rennes (FR)
Inventeur : **Sharaiha, Ala**
53 rue d'Antrain
F-35000 Rennes (FR)
Inventeur : **Aupy, Léonid**
24 rue des Hirondelles
F-35510 Cesson Sevigne (FR)

⑦④ Mandataire : **Corlau, Vincent**
c/o Cabinet Patrice Vidon,
Immeuble Germanium,
80 avenue des Buttes de Coesmes
F-35700 Rennes (FR)

EP 0 427 654 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne une nouvelle structure d'antenne, présentant un diagramme de rayonnement quasi hémisphérique, et susceptible de présenter une bande passante relativement large, de façon par exemple à pouvoir y dégager deux sous-bandes de transmission voisines.

Ce type d'antenne trouve par exemple application dans le cadre des communications par satellite entre des utilisateurs fixes et des mobiles aéronautiques, maritimes ou terrestres. Dans ce domaine, plusieurs systèmes de communication par satellite ont été ou sont en cours de développement en bande L (INMARSAT, MSAT, PROSAT, NAVSTAR G.P.S.,...).

Les trois premiers systèmes cités correspondent à des liaisons avec des satellites géostationnaires. Les spécifications des antennes destinées à équiper les mobiles, dans ces systèmes, imposent que ces antennes possèdent un diagramme de rayonnement à couverture quasi hémisphérique, du fait des incidences très différentes, ou variations d'incidence importantes des signaux reçus ou émis.

De plus la polarisation des antennes doit être circulaire avec un rapport d'ellipticité meilleur que 5 dB. (isolation 20 dB.) et une attention particulière doit être portée à la lutte contre les phénomènes de multitrajets pour les mobiles terrestres et aéronautiques. Cette dernière spécification nécessite d'ailleurs que pour les faibles élévations, la composante prépondérante du champ électrique soit verticale.

Pour ce qui est des antennes utilisables à la réception de signaux par des satellites à défilement utilisés dans des systèmes du type du système américain NAVSTAR, les spécifications imposent qu'elles soient opérationnelles dans une bande passante d'environ 10 %, ou dans deux sous-bandes voisines.

Dans l'état actuel des connaissances, la seule structure d'antenne compatible avec ce type de spécification (essentiellement diagramme de rayonnement quasi hémisphérique et polarisation circulaire) est l'hélice quadrifilaire résonnante.

Ce type d'antenne connu, comme représenté en figures 11A, 11B, est formé de deux hélices bifilaires 111, 112, disposées orthogonalement et excitées en quadrature de phase.

L'exemple de réalisation représenté en figures 11A, 11B est cité dans l'ouvrage "UHF satellite array nulls adjacent signals" Microwaves & R.F., Mars 1984.

L'antenne est une hélice quadrifilaire résonnante à brins 111A, 111B ; 112A, 112B court-circuités à leur extrémité non excitée 113. La bande passante est de l'ordre de 10 % avec une ouverture à -3 dB de 140° pour une longueur de brin égale à $\lambda_0/2$ et un enroulement hélicoïdal sur un demi tour. Ce type d'antennes n'est pas à confondre avec certaines antennes hélicoïdales du type divulgué par exemple dans le document de brevet US-4148030 (FOLDES) et qui ont elles pour finalité de fournir des diagrammes de rayonnement axiaux très directifs (et non quasi-hémisphérique comme dans l'invention) et à grand gain. Leur fonctionnement est du type à ondes progressives, et non en mode résonnant. Ces antennes connues présentent d'ailleurs une structure différente. Elles ont notamment une longueur de plusieurs fois la longueur d'onde λ de fonctionnement de l'antenne. Par ailleurs, chaque brin hélicoïdal est découpé en dipôles résonnants pour fonctionner à une fréquence spécifique.

On connaît également un autre mode de réalisation d'antenne hélicoïdale quadrifilaire, utilisée dans le système de communications mobiles par satellite INMARSAT STANDARD-C où l'antenne doit fonctionner correctement dans deux sous-bandes (1530-1545 MHz) et (1631,5-1646,5 MHz) correspondant respectivement à la réception et à l'émission (K.M. KEEN "Developing a standard-C Antenna" (Développement d'une antenne en standard C) M.S.N. Communication Technology, juin 1988).

Dans ce mode de réalisation connu, l'antenne est une hélice quadrifilaire résonnante à brins imprimés ouverts à leur extrémité non excitée.

Bien que remplissant les spécifications requises, les antennes quadrifilaires résonnantes présentent un certain nombre d'inconvénients.

Les problèmes principaux posés par ce type connu de structure tiennent aux contraintes d'adaptation des impédances de l'antenne avec celles des coaxiaux d'alimentation, tout en réalisant une excitation adéquate des hélices bifilaires orthogonales.

Dans les systèmes à bande étroite, le module d'alimentation/adaptation peut être disposé extérieurement à l'antenne, autour de la fréquence de travail. Mais lorsque l'antenne doit fonctionner en large bande, comme discuté ici, on utilise généralement un module d'alimentation/adaptation interne à la structure d'antenne. Le plus courant est le système dit "balun" (parfois également appelé symétriseur) ou sa variante "folded balun" (balun replié) à entrée dissymétrique et sortie symétrique.

Un tel montage est représenté en fig. 11, où, compte tenu de l'excitation et de la symétrie de réalisation de l'antenne, les deux hélices orthogonales 111, et 112 présentent la même impédance d'entrée. Chaque hélice bifilaire 111A, 111B ; 112A, 112B est alimentée par un symétriseur coaxial de type "balun replié". Les deux bifilaires sont ensuite excitées en quadrature de phase grâce à un coupleur hybride 115 (90°, -3 dB.). Chaque

entrée (dissymétrique) coaxiale voit donc en parallèle l'impédance de l'hélice bifilaire et un adaptateur de longueur voisine de $\lambda/4$.

Le montage symétriseur/adaptateur utilisé dans ce type d'antenne est réalisé par exemple au moyen d'un tronçon de coaxial de longueur $\lambda/4$, dont l'âme et la gaine forment dipole ; pour éviter les problèmes dûs au rayonnement de la gaine, le dipole peut être fermé entre l'âme et une gaine supplémentaire coaxiale (système bazooka) de façon à éviter la circulation d'un courant sur la gaine du coaxial.

Toutefois, ce type de montage présente l'inconvénient de former une sorte de filtre passe-bande à bande encore trop étroite.

On a alors imaginé des systèmes plus complexes dans lesquels on utilise une ligne compensée au moyen d'un conducteur plein, ou encore d'un câble coaxial mort, formant circuit bouchon (voir C.C KILGUS "Resonant quadrifilar helix" (hélice quadrifilaire rayonnante) Microwave Journal, décembre 1970).

Dans tous les cas, un dispositif d'adaptation doit être ajouté entre le coupleur hybride et les "baluns" pour adapter l'antenne. Ceci ressort clairement notamment de l'abaque de SMITH de la figure 12, où l'on constate clairement pour deux modes de réalisations, que les fenêtres de fonctionnement 121,122 se trouvent essentiellement en dehors de la zone d'adaptation 123.

Or, l'utilisation de dispositifs d'adaptation introduit des pertes et limite souvent la bande d'utilisation de l'antenne. De plus, dans ces exemples de réalisations, et sans doute pour des problèmes d'encombrement, le "balun replié" est placé dans le corps même de l'antenne excitée à son extrémité supérieure. Ceci produit alors une perturbation par diffraction des diagrammes de rayonnement, particulièrement aux fréquences élevées.

L'invention a pour objectif de pallier ces inconvénients.

Plus précisément, l'invention fournit une nouvelle structure d'antenne présentant un diagramme de rayonnement quasi hémisphérique, et de polarisation circulaire, notamment (mais non exclusivement) en bande L.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle structure évitant l'introduction de dispositifs complexes d'adaptation entre l'antenne et son excitation.

L'invention a également pour objectif de fournir une antenne présentant un élargissement de la bande passante, ou un fonctionnement double bande (dual frequency), notamment soit dans une bande passante $\approx 10\%$, soit dans deux sous-bandes voisines.

Un objectif complémentaire de l'invention est de fournir une antenne de faible coût, et à consommation d'énergie compatible avec les contraintes des systèmes embarqués sur mobiles terrestres, maritimes, aériens ou spatiaux.

Ces objectifs ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'une antenne hélicoïdale résonnante à rayonnement quasi-hémisphérique, du type comprenant une hélice quadrifilaire constituée de deux hélices bifilaires disposées orthogonalement et excitées en quadrature de phase, cette antenne comportant au moins une seconde hélice quadrifilaire, coaxiale et en couplage électromagnétique avec ladite première hélice quadrifilaire, chacune desdites hélices quadrifilaires étant enroulée sur un cylindre distinct, de rayon constant.

La superposition de ces deux hélices quadrifilaires résonnantes permet d'obtenir un diagramme de rayonnement quasi-hémisphérique sur une large bande de fréquence, ou sur deux bandes de fréquence voisines, selon les réglages choisis pour leur couplage électromagnétique.

Avantageusement, la longueur des brins est inférieure à la longueur d'onde λ de fonctionnement de ladite antenne, et de préférence comprise entre $\lambda/2$ et λ , de façon à obtenir le diagramme de rayonnement hémisphérique recherché, avec un fonctionnement en ondes stationnaires.

Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, les brins de ladite seconde hélice quadrifilaire sont en situation de superposition radiale exacte ou proche avec les brins de ladite première hélice quadrifilaire.

Selon une autre caractéristique de l'invention lesdites hélices quadrifilaires couplées sont connectées en parallèle à une alimentation commune. Avantageusement, ladite alimentation commune comporte, d'une part, un élément coupleur, pour l'excitation en quadrature de phase des deux hélices bifilaires orthogonales de chaque hélice quadrifilaire, et d'autre part un élément symétriseur pour l'alimentation en opposition de phase de chacun des brins des hélices bifilaires.

De façon préférentielle, les brins d'au moins une des deux hélices quadrifilaires sont ouverts ou courts-circuités à leur extrémité non excitée.

Avantageusement, au moins une des hélices quadrifilaires est réalisée en technologie imprimée sur support diélectrique.

Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, le couplage desdites hélices quadrifilaires est contrôlé à l'aide d'au moins un des moyens suivants :

- contrôle de l'écart radial de superposition desdites hélices quadrifilaires;
- contrôle du décalage angulaire entre lesdites hélices quadrifilaires ;

- contrôle du pas d'hélice de chacune desdites hélices, de façon notamment à adapter l'impédance présentée par chaque brin.

Selon un premier mode de réalisation, ledit couplage desdites hélices quadrifilaires est effectué de façon à obtenir un rayonnement de l'antenne dans une unique large bande passante.

- 5 Selon un second mode de réalisation, ledit couplage desdites hélices quadrifilaires est effectué de façon à obtenir un rayonnement de l'antenne dans au moins deux bandes passantes disjointes.

Il est clair que grâce à l'invention le contrôle du couplage peut être optimisé, sans dégrader aucune des autres caractéristiques de l'antenne, et en particulier la polarisation circulaire et le diagramme de rayonnement.

- 10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre illustratif et non limitatif, et des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un mode de réalisation avantageux d'une structure d'antenne à double hélice quadrifilaire selon l'invention;
- la figure 2 est une vue en développée d'une des deux hélices quadrifilaires superposées, réalisée sous
15 forme de rubans de cuivre imprimés sur substrat de kapton ;
- la figure 3 est une vue en plan de la base des cylindres supports de l'antenne des figures 1 et 2, portant des segments conducteurs de connexion des brins rayonnants ;
- la figure 4 schématise une structure d'alimentation classique pour l'antenne des figures 1 à 3 ;
- les figures 5, 6, 7 représentent respectivement le diagramme de SMITH, la valeur du ROS et le diagramme
20 de rayonnement en polarisation circulaire copolaire et contrapolaire d'un prototype de l'invention dimensionné pour fonctionner en double bande (antenne bifréquence) ;
- les figures 8, 9, 10 représentent respectivement le diagramme de SMITH, la valeur du ROS et le diagramme de rayonnement en polarisation circulaire copolaire et contrapolaire d'un prototype de l'invention dimensionné pour fonctionner à large bande.
- 25 - les figures 11A, 11B et 12 illustrent respectivement une vue de face et de dessus, et l'abaque de SMITH de la courbe d'impédance d'une hélice quadrifilaire monocouche de type connu.

- Un mode de réalisation préférentiel de la structure d'antenne de l'invention est représenté en figure 1. Elle est formée de deux hélices quadrifilaires 11 et 12 concentriques, enroulées sur des supports cylindriques isolants 13 et 14, coaxiaux, de diamètres d_1 , d_2 distincts. Il est clair que la structure de l'antenne de l'invention
30 peut être généralisée de façon évidente à plus de deux hélices concentriques.

Chaque hélice quadrifilaire 11 et 12 comporte quatre brins 11₁, 11₂, 11₃, 11₄ et 12₁, 12₂, 12₃, 12₄ respectivement, régulièrement espacés et enroulés sur les supports cylindriques 13, 14.

- Chaque brin 11₁, 11₂, 11₃, 11₄ ; 12₁, 12₂, 12₃, 12₄ est formé d'un ruban continu de matériau conducteur électrique tel que le cuivre, de largeur W, imprimé sur un substrat de kapton, comme représenté en figure 2.
35 Le substrat de kapton peut présenter une épaisseur de 50 μm , pour une largeur W de ruban de cuivre de 35 μm .

La longueur de chaque brin est avantageusement comprise entre $\lambda/2$ et λ et dans tous les cas inférieure ou égale à λ , pour fonctionner en mode résonnant et obtenir un diagramme de rayonnement quasi-hémisphérique.

- 40 Dans le cas où les brins sont de longueur légèrement supérieure à λ on obtient un diagramme de rayonnement radial, et non plus quasi-hémisphérique. Ce type de fonctionnement peut toutefois présenter un intérêt dans certaines applications particulières.

- Les quatre brins de chaque hélice 11,12 sont ouverts à une extrémité 15 (extrémité supérieure sur les figures 1 et 2) et connectés électriquement à l'autre extrémité 16 (extrémité inférieure sur les figures 1 et 2)
45 avec des segments conducteurs 31, 32, 33, 34, disposés sur la base 30 de la partie inférieure 16 des cylindres supports 13, 14 comme schématisé en figure 3. Ces segments plans 31, 32, 33, 34 sont avantageusement constitués de rubans imprimés sur kapton, sous forme de portions de segments de largeur décroissante depuis le bord jusqu'à proximité du centre de la base 30 des cylindres 13, 14. Chacun de ces segments conducteur est relié à l'âme centrale d'un des quatre câbles coaxiaux 50 Ω d'alimentation de la structure d'antenne. Les
50 deux hélices quadrifilaires 11,12 sont ainsi alimentées en parallèle, brin à brin (11₁,12₁ ; 11₂,12₂ ; 11₃,12₃ ; 11₄,12₄).

- Les quatre brins de chaque hélice 11,12 sont excités à travers les segments 31,32,33,34 selon la configuration d'alimentation schématisée en figure 4, à l'aide d'un dispositif classique constitué d'un module coupleur hybride 41 (3 dB, 90°) et de deux modules symétriseurs 42,43 (3 dB, 180°). Une des entrées 41₁, 42₁,
55 43₁, de chacun de ces modules 41,42,43 est reliée à la masse à travers une résistance 50 Ω 44. Le module coupleur 41 est disposé de façon que les deux sorties 41₃,41₄ alimentent l'autre entrée 42₂,43₂ des deux modules symétriseurs 42,43. Les sorties à 180° 42₃,43₄ des symétriseurs sont connectées de façon à alimenter deux segments 31,34, les sorties à 0° 42₄ et 43₃ excitant les deux autres segments 33,34. De cette façon, on

obtient une excitation en quadrature de phase des deux hélices bifilaires 31,33 et 32,34 de chaque hélice quadrifilaire 11,12, et une excitation en opposition de phase de chacun des brins 31 et 33 d'une part, 32 et 34 d'autre part, de chaque hélice bifilaire.

5 Cet ensemble peut être réalisé de façon compacte en technologie imprimée et placé directement à la base de la structure d'antenne.

Compte tenu de la valeur voisine de 50Ω de l'impédance d'entrée de chacun des brins de la double structure hélicoïdale quadrifilaire, aucune adaptation d'impédance supplémentaire n'est nécessaire.

10 Bien entendu, d'autres configurations d'alimentation sont envisageables, ainsi que d'autres moyens techniques de mise en oeuvre, comme il apparaîtra à l'homme du métier. Ainsi, dans un autre mode de réalisation de l'excitation de la structure d'antenne, non représenté, il est possible de ne pas alimenter une des deux hélices quadrifilaires, qui fonctionne alors comme un élément parasite vis à vis de la seconde.

Le contrôle du couplage entre les deux hélices quadrifilaires peut s'effectuer de plusieurs façons. Il est notamment possible d'agir sur l'écart radial entre les deux hélices, sur le décalage angulaire des antennes autour de l'axe de révolution de l'antenne, par rapport à une position d'exacte superposition radiale brin à brin, 15 ou encore sur le pas d'hélice de chacune des hélices.

Le couplage électromagnétique de chaque brin d'antenne adapté en impédance, par exemple à 50Ω , est bien sûr contrôlé, de façon à ne pas dégrader, ou le moins possible, les autres caractéristiques de l'antenne, et notamment la polarisation circulaire et le diagramme de rayonnement.

20 On va maintenant présenter les résultats obtenus avec deux prototypes de mise en oeuvre de la structure d'antenne de l'invention, correspondant respectivement à une configuration en double bande (fig. 5, 6, 7) à large bande (fig. 8, 9, 10).

Antenne bi-fréquence (ou double bande).

25 Dans le premier mode de réalisation calculé et testé, les paramètres de l'antenne sont présentés en table I, (avec C : circonférence ; Le : longueur d'un brin rayonnant ; Lax : longueur axiale ; en référence aux notations de la figure 2)

30

TABLE I

	hélice intérieure	hélice extérieure
35 C	$0,5 \lambda_0$	$0,57 \lambda_0$
Le	$0,74 \lambda_0$	$0,76 \lambda_0$
Lax	$0,58 \lambda_0$	$0,59 \lambda_0$

40

Une série de relevés de mesures a été effectuée sur chaque hélice prise séparément, puis en alimentation simultanée en parallèle. Dans ce qui suit, l'impédance présentée est l'impédance calculée à l'entrée d'un brin rayonnant de l'hélice en présence des autres, cette impédance étant la moitié de celle d'une hélice bifilaire.

45 Dans le cas des mesures des antennes quadrifilaires prises isolément, on a relevé une bande passante pour un R.O.S < 2 égale à 60 Mhz (Antenne intérieure) et à 50 Mhz (Antenne extérieure).

L'alimentation en parallèle des deux hélices conduit à la courbe d'impédance de l'abaque de SMITH de la figure 5 où la courbe représentée pour $F1 = 1,480$ à $Ff = 1,730$ présente deux bandes de fréquence 51,52 disjointes dans le domaine d'adaptation de l'antenne. Il est possible, en outre, à l'aide d'un transformateur d'impédance, de recentrer la courbe d'impédance sur l'abaque. Un dimensionnement adapté du paramètre de l'antenne permet aussi d'obtenir une coïncidence des portions 51 et 52. La courbe marque une double résonance 50 due au couplage entre les deux quadrifilaires. Comme il apparaît sur le diagramme de R.O.S de la fig. 6, l'ensemble fonctionne comme deux circuits résonants couplés dont le couplage écarte les fréquences de résonance 61,62. Le R.O.S est inférieure à 1,5 dans deux bandes de fréquence distinctes : $1,54 \text{ Ghz} < f < 1,5666 \text{ Ghz}$ et $1,602 \text{ Ghz} < f < 1,64 \text{ Ghz}$.

55 De plus, l'antenne étant pratiquement adaptée à 50Ω autour des deux fréquences de résonance, le dispositif d'excitation ne nécessite aucun montage spécifique d'adaptation supplémentaire, ce qui affranchit l'antenne des inconvénients de l'antenne quadrifilaire simple.

La figure 7 représente le diagramme de rayonnement de l'antenne couplée, qui diffère peu des diagram-

mes de rayonnement des hélices quadrifilaires prises isolément.

Cette mise en oeuvre peut bien sûr être généralisée à plus de deux hélices quadrifilaires concentriques, de façon à obtenir autant de bandes de fréquence distinctes qu'il y a d'hélices.

5 Antenne à large bande.

En modifiant les paramètres des antennes et la distance entre les couches, le couplage électromagnétique entre les deux hélices quadrifilaires superposées permet d'obtenir une bande passante unique plus large qu'avec une hélice monocouche de mêmes paramètres.

10 Une telle configuration est obtenue par exemple en choisissant les valeurs des paramètres de la Table II.

TABLE II

	hélice intérieure	hélice extérieure
15 C	$0,34 \lambda_0$	$0,46 \lambda_0$
Le	$0,72 \lambda_0$	$0,75 \lambda_0$
20 Lax	$0,62 \lambda_0$	$0,65 \lambda_0$

Pour ces valeurs de paramètres, la bande passante initiale est de 65 Mhz pour un R.O.S. < 2,5 pour l'antenne intérieure, et de 56 Mhz pour un R.O.S. < 2 pour l'antenne extérieure.

En fonctionnement couplé, la bande passante pour l'antenne bicouche est égale à 86 MHz pour un R.O.S < 2. Le diagramme du R.O.S. et l'abaque de SMITH de la courbe d'impédance correspondants sont représentés en figures 8 et 9.

Le R.O.S est inférieur à 1,75 sur une bande de fréquence continue de 1,535 à 1,595 GHz environ, avec une fréquence de résonance de 1,59 GHz. La courbe d'impédance de la fig.9 s'étend pour $F1 = 1,5$ GHz à $Ff = 1,63$ GHz pratiquement intégralement dans la zone d'adaptation de l'abaque (avec possibilité de centrage plus exact sur l'abaque comme pour le mode de réalisation précédent).

D'une manière générale, la structure de l'antenne de l'invention permet ainsi de "réduire" la partie imaginaire de l'impédance et de ramener autour de 50 Ω sa partie réelle.

35 On ne constate pas de modifications sensibles des diagrammes de rayonnements, la figure 10 représentant le diagramme pour l'antenne bicouche couplée.

Du fait de ces caractéristiques, et de la possibilité de mode de réalisation bifréquence et à large bande, la structure d'antenne de l'invention trouve de nombreux domaines d'application.

Ainsi, elle s'applique aux systèmes de communication par satellite en cours de développement en bande L, par exemple ceux utilisés par "l'International Maritime Satellite Organisation (INMARSAT)" dans le domaine des communications maritimes à l'échelle mondiale.

On peut également citer, aux Etats-Unis, le "Mobile Satellite System (MSAT)" qui poursuit le développement de son propre service de communication pour véhicules terrestres ; de même différents concepts ont été proposés pour les communications et le contrôle de trafic aéronautique. (voir J. HUANG and D. BELL "L-Band satellite communication antennas for U.S coast boats, land vehicles and aircraft" IEEE, AP-S INT.SYMP. Digest 1987 (AP 22-1)).

En Europe, le programme PROSAT de l'ESA (Agence Spatiale Européenne) prévoit, pour la transmission de données (PRODAT), le développement de terminaux de faible G/T (-24 dB/K) pour la navigation aérienne (élévation entre 10° et 90°), maritime (élévation entre -25° et 90° pour tenir compte des mouvements $\pm 30^\circ$ du navire dûs au roulis et au tangage), et terrestre (élévation entre 15° et 90°) dans lesquels la structure d'antenne de l'invention trouve une application avantageuse.

Revendications

55

1. Antenne héliçoïdale résonnante à rayonnement quasi-hémisphérique, du type comprenant une hélice quadrifilaire (11) constituée de deux hélices bifilaires (11₁, 11₂ ; 11₃, 11₄) disposées orthogonalement et excitées en quadrature de phase,

caractérisée en ce qu'elle comporte au moins une seconde hélice quadrifilaire (12), co-axiale excitée et en couplage électromagnétique avec ladite première hélice quadrifilaire (11), chacune desdites hélices quadrifilaires (11,12) étant enroulée sur un cylindre de rayon constant distinct.

- 5 2. Antenne selon la revendication 1 caractérisée en ce que la longueur des brins (11₁,11₂,11₃,11₄,12₁,12₂,12₃,12₄) est inférieure à la longueur d'onde λ de fonctionnement de ladite antenne, et de préférence comprise entre $\lambda/2$ et λ .
- 10 3. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 et 2 caractérisée en ce que les brins (12₁,12₂,12₃,12₄) de ladite seconde hélice quadrifilaire (12) sont en superposition radiale avec les brins (11₁,11₂,11₃,11₄) de ladite première hélice quadrifilaire (11).
- 15 4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisée en ce que lesdites hélices quadrifilaires couplées (11,12) sont connectées en parallèle à une alimentation commune.
- 20 5. Antenne selon la revendication 4 caractérisée en ce que ladite alimentation commune comporte, d'une part, un élément coupleur (41), pour l'excitation en quadrature de phase des deux hélices bifilaires orthogonales de chaque hélice quadrifilaire (11,12), et d'autre part un élément symétriseur (42,43) pour l'alimentation en opposition de phase de chacun des brins des hélices bifilaires.
- 25 6. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 caractérisée en ce que les brins d'au moins une des deux hélices quadrifilaires sont ouverts ou courts-circuités à leur extrémité non excitée.
7. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisée en ce qu'au moins une des hélices quadrifilaires (11,12) est réalisée en technologie imprimée sur support diélectrique.
- 30 8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisée en ce que le couplage desdites hélices quadrifilaires (11,12) est contrôlé à l'aide d'au moins un des moyens suivants :
 - contrôle de l'écart radial de superposition desdites hélices quadrifilaires (11,12) ;
 - contrôle du décalage angulaire entre lesdites hélices quadrifilaires (11,12);
 - contrôle du pas d'hélice de chacune desdites hélices quadrifilaires (11,12).
- 35 9. Antenne selon la revendication 8 caractérisée en ce que ledit couplage desdites hélices quadrifilaires (11,12) est effectué de façon à obtenir un rayonnement de l'antenne dans une unique large bande passante.
10. Antenne selon la revendication 8 caractérisée en ce que ledit couplage desdites hélices quadrifilaires (11,12) est effectué de façon à obtenir un rayonnement de l'antenne dans au moins deux bandes passantes disjointes.

40 Patentansprüche

- 45 1. Spiralförmige Resonanzantenne mit quasi halbkugelförmiger Abstrahlung, von der Art, die eine Vierfachwendel (11) umfaßt, bestehend aus zwei Doppelwendeln (11₁,11₂; 11₃,11₄), welche orthogonal angebracht sind und mit 90° Phasenverschiebung angeregt werden,

dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens eine zweite, ko-axiale Vierfachwendel (12) in elektromagnetischer Koppelung mit der ersten Vierfachwendel (11) umfaßt, wobei jede der Vierfachwendeln (11, 12) auf je einem Zylinder mit eigenem konstanten Radius aufgerollt ist.
- 50 2. Antenne gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Fäden (11₁,11₂; 11₃,11₄, 12₁,12₂,12₃,12₄) kürzer ist als die Wellenlänge λ , mit der die Antenne arbeitet und vorzugsweise zwischen $\lambda/2$ und λ liegt.
- 55 3. Antenne gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fäden (12₁,12₂,12₃,12₄) der zweiten Vierfachwendel (12) radial auf den Fäden (11₁,11₂; 11₃,11₄) der ersten Vierfachwendel (11) liegen.
4. Antenne gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die gekoppelten Vierfachwendeln (11, 12) parallel an eine gemeinsame Spannungsquelle angeschlossen sind.

5. Antenne gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die gemeinsame Spannungsquelle einerseits ein Koppellement (41) für die 90° phasenverschobene Anregung der zwei orthogonalen Doppelwendeln (11, 12) umfaßt und andererseits ein Symmetrisierungselement (42, 43) für die gegenphasige Einspeisung in jedem der Fäden der Doppelwendeln umfaßt.
6. Antenne gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Fäden von mindestens einer der Vierfachwendeln an dem nicht angeregten Ende offen oder kurzgeschlossen sind.
7. Antenne gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Vierfachwendeln (11, 12) auf eine dielektrische Unterlage aufgedruckt ist.
8. Antenne gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Koppelung der Vierfachwendel (11, 12) mit Hilfe von mindestens einem der folgenden Mittel gesteuert wird:
- Steuerung des Radialabstandes der Überlagerung der Vierfachwendeln (11, 12);
 - Steuerung der Winkelverschiebung zwischen den Vierfachwendeln (11, 12);
 - Steuerung der Steigung jeder der Vierfachwendeln (11, 12).
9. Antenne gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Koppelung der Vierfachwendeln (11, 12) derart durchgeführt wird, daß man eine Antennenabstrahlung in einem einzigen, breiten Paßband erhält.
10. Antenne gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Koppelung der Vierfachwendeln (11, 12) derart durchgeführt wird, daß man eine Antennenabstrahlung in mindestens zwei getrennten Paßbändern erhält.

Claims

1. Resonant helical antenna with quasi-hemispherical radiation, of the type comprising a quadrifilar helix (11) consisting of two bifilar helices (11₁, 11₂; 11₃, 11₄) arranged orthogonally and excited in phase quadrature, characterized in that it includes at least a second, coaxial excited quadrifilar helix (12) electromagnetically coupled with the said first quadrifilar helix (11), each of the said quadrifilar helices (11, 12) being wound on a cylinder of distinct constant radius.
2. Antenna according to Claim 1, characterized in that the length of the wires (11₁, 11₂, 11₃, 11₄, 12₁, 12₂, 12₃, 12₄) is less than the wavelength λ of operation of the said antenna, and preferably between $\lambda/2$ and λ .
3. Antenna according to either one of Claims 1 and 2, characterized in that the wires (12₁, 12₂, 12₃, 12₄) of the said second quadrifilar helix (12) radially overlap the wires (11₁, 11₂, 11₃, 11₄) of the said first quadrifilar helix (11).
4. Antenna according to any one of Claims 1 to 3, characterized in that the said coupled quadrifilar helices (11, 12) are connected in parallel to a common feed.
5. Antenna according to Claim 4, characterized in that the said common feed includes, on the one hand, a coupler element (41), for the phase quadrature excitation of the two orthogonal bifilar helices of each quadrifilar helix (11, 12) and, on the other hand, a balancer element (42, 43) for the feeding in phase opposition of each of the wires of the bifilar helices.
6. Antenna according to any one of Claims 1 to 5, characterized in that the wires of at least one of the two quadrifilar helices are open or short-circuited at their non-excited end.
7. Antenna according to any one of Claims 1 to 6, characterized in that at least one of the quadrifilar helices (11, 12) is made by the technology of printing on a dielectric support.
8. Antenna according to any one of Claims 1 to 7, characterized in that coupling of the said quadrifilar helices (11, 12) is controlled with the aid of at least one of the following means:
- control of the radial separation or overlap of the said quadrifilar helices (11, 12);
 - control of the angular offset between the said quadrifilar helices (11, 12);
 - control of the helical pitch of each of the said quadrifilar helices (11, 12).

9. Antenna according to Claim 8, characterized in that the said coupling of the said quadrifilar helices (11, 12) is effected so as to obtain radiation of the antenna in a single wide passband.

5 10. Antenna according to Claim 8, characterized in that the said coupling of the said quadrifilar helices (11, 12) is effected so as to obtain radiation of the antenna in at least two disjoint passbands.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

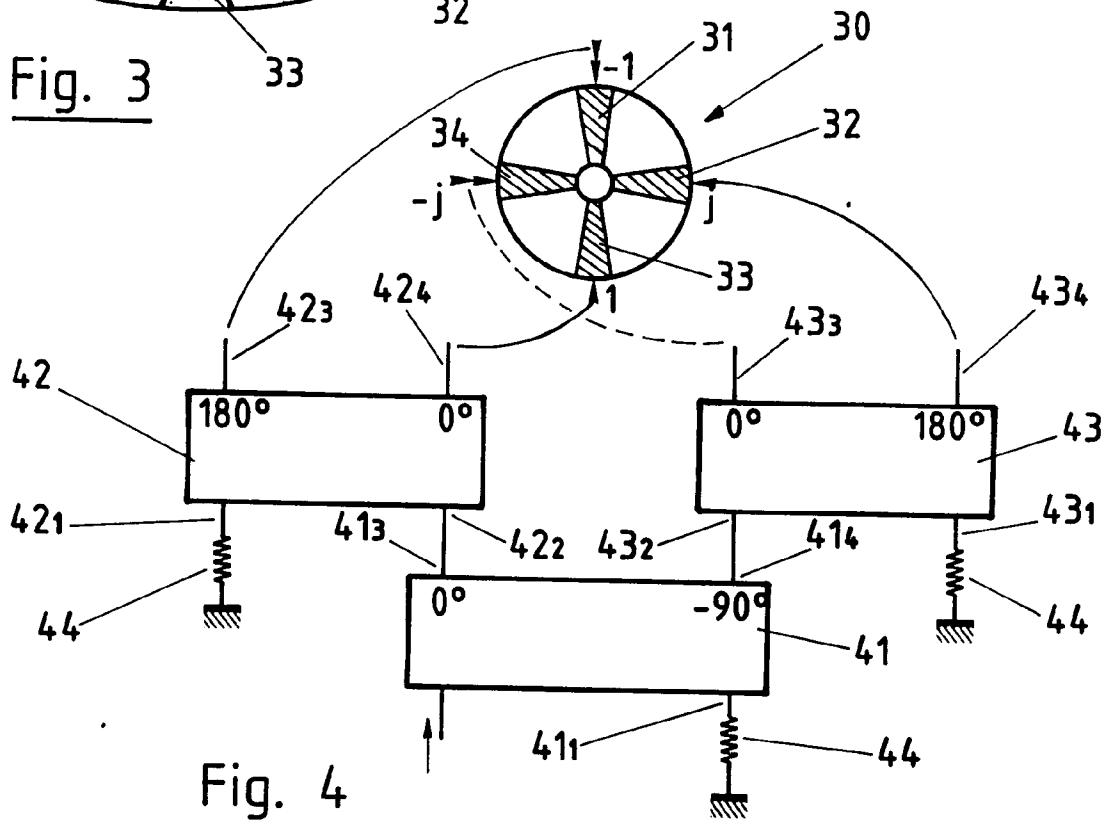
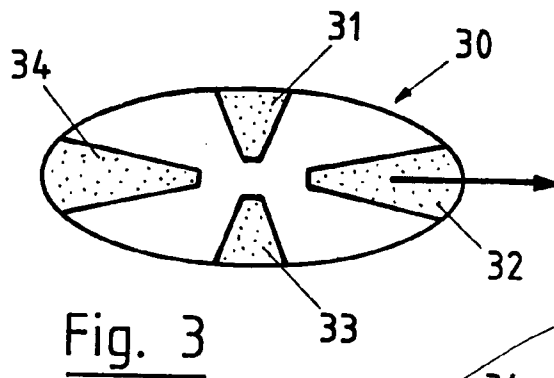
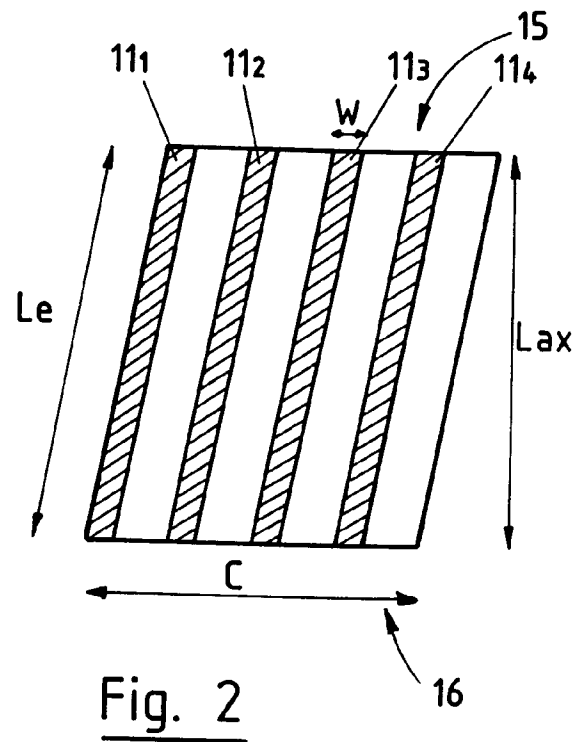
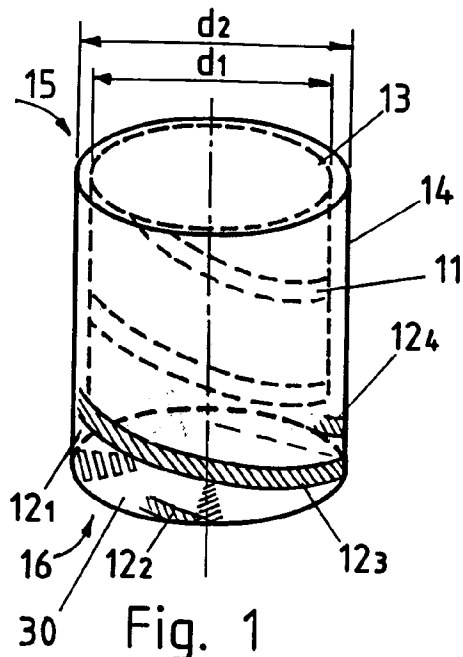


Fig. 5

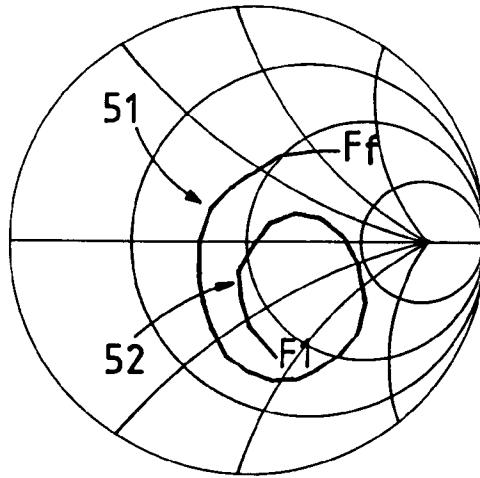


Fig. 6

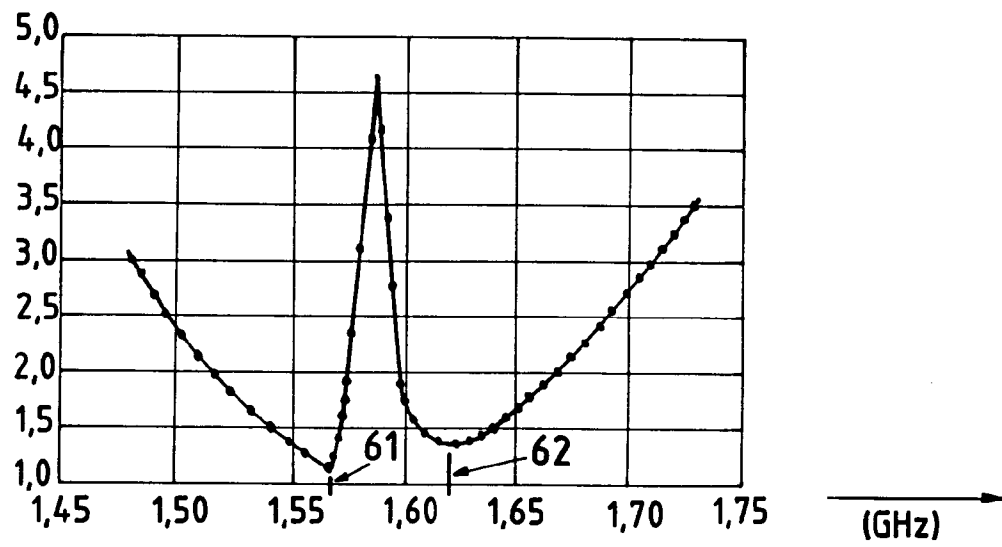
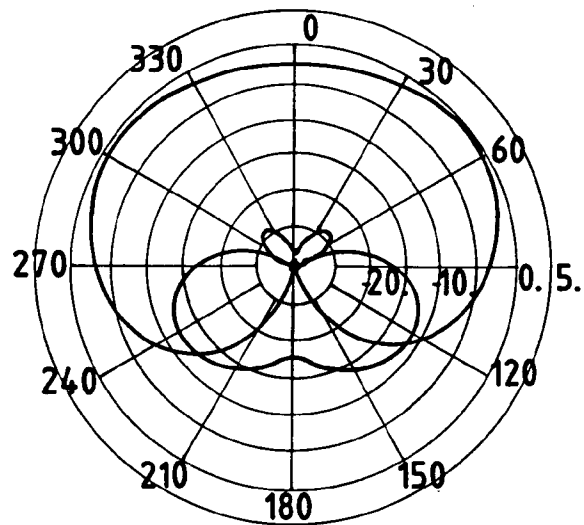


Fig. 7



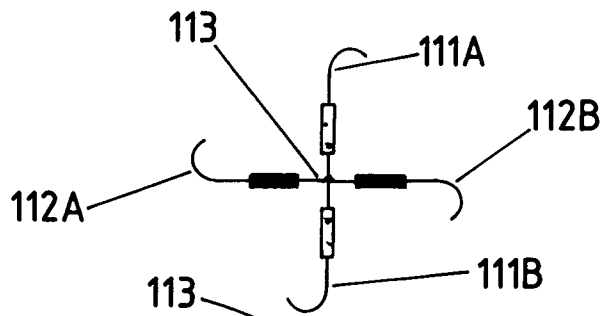


Fig. 11A

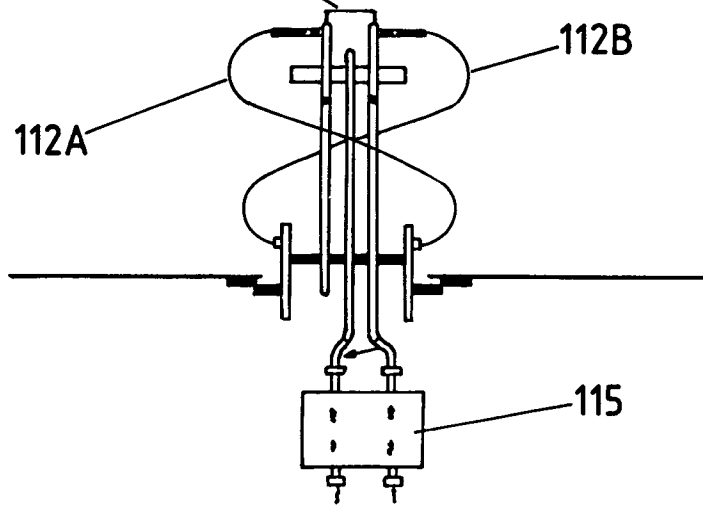


Fig. 11B

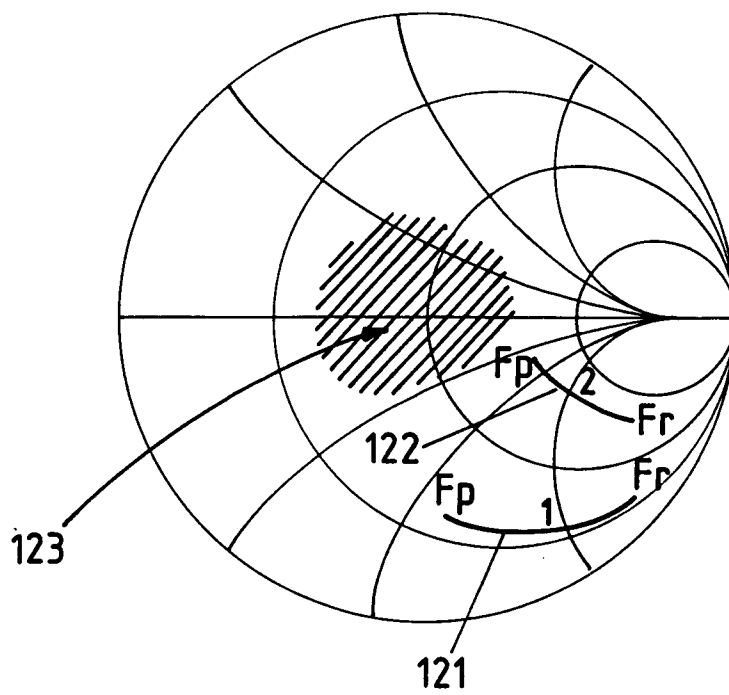


Fig. 12