



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
05.11.1997 Bulletin 1997/45

(51) Int Cl.⁶: H01Q 9/04

(21) Numéro de dépôt: 97460016.5

(22) Date de dépôt: 17.04.1997

(84) Etats contractants désignés:
DE GB

(72) Inventeur: Brachat, Patrice
Les Jamins 06000 Nice (FR)

(30) Priorité: 24.04.1996 FR 9605383

(74) Mandataire: Vidon, Patrice
Cabinet Patrice Vidon,
Immeuble Germanium,
80, Avenue des Buttes-de-Coesmes
35700 Rennes (FR)

(71) Demandeur: FRANCE TELECOM
75015 Paris (FR)

(54) Antenne imprimée compacte pour rayonnement à faible élévation

(57) L'invention concerne une antenne imprimée plane d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences, du type comprenant notamment :

- une plaque de substrat diélectrique,
- un plan de masse constitué par un premier dépôt conducteur déposé sur une première face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- un élément rayonnant (30) constitué par un second dépôt conducteur déposé sur une seconde face de ladite plaque de substrat diélectrique, et

- des moyens d'alimentation de ladite antenne,

Cette antenne présente un mode fondamental, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'élément rayonnant, et au moins un mode supérieur, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement à faible élévation.

Selon l'invention, ledit élément rayonnant présente au moins une encoche (31 à 34) permettant de contrôler la fréquence de résonance d'un mode supérieur choisi.

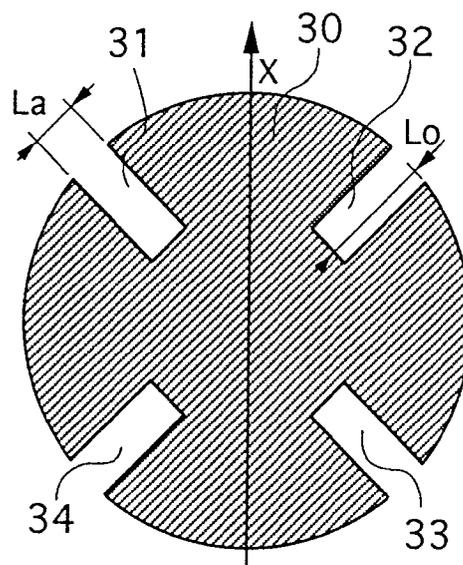


Fig. 3

Description

Le domaine de l'invention est celui des antennes imprimées planes d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences.

Plus précisément, l'invention concerne une antenne plane produisant un rayonnement maximum pour de faibles élévations.

L'antenne de l'invention a de nombreuses applications. Elle peut par exemple être utilisée dans un réseau placé sur le toit d'un véhicule particulier, afin d'assurer des télécommunications par satellite. En effet, certains mobiles, et notamment ceux en liaison avec des satellites géostationnaires dans les pays à latitude moyenne ou élevée (Europe du Nord par exemple), nécessitent des antennes planes produisant un rayonnement maximal pour de faibles élévations.

Actuellement, pour des raisons d'encombrement et de coût, on utilise dans les mobiles des antennes imprimées de type "patch". En effet, celles-ci ont notamment l'avantage d'être planes et peu coûteuses.

D'une façon générale, une antenne imprimée comprend une plaque de substrat diélectrique, un plan de masse (constitué par un premier dépôt conducteur déposé sur une première face de la plaque de substrat diélectrique), un élément rayonnant (constitué par un second dépôt conducteur déposé sur une seconde face de la plaque de substrat diélectrique) et des moyens d'alimentation de l'antenne.

Dans leur fonctionnement courant, c'est-à-dire lorsqu'elles fonctionnent dans leur mode fondamental, ces antennes imprimées génèrent un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'antenne. Pour ce type de fonctionnement courant, la longueur de l'élément rayonnant est très proche de la demi-longueur d'onde prenant en compte la permittivité du substrat diélectrique utilisé.

Pour pouvoir engendrer un rayonnement possédant un maximum pour de faibles élévations, c'est-à-dire dans des directions éloignées de l'axe perpendiculaire au plan contenant l'antenne, les antennes imprimées doivent fonctionner dans un mode supérieur dont la distribution de courant permet de créer ce type de rayonnement.

Le problème majeur réside dans le fait que les modes supérieurs présentant de l'intérêt apparaissent pour des fréquences relativement élevées par rapport à celles du mode fondamental. Ceci signifie que pour pouvoir utiliser ce type de mode (supérieur) pour la bande de fréquence désirée (proche de celle correspondant au mode fondamental), l'antenne doit être surdimensionnée de manière très importante.

Ce surdimensionnement rend quasiment impossible l'intégration en réseau de tels éléments rayonnants afin d'obtenir des antennes à gain élevé. Ce problème d'encombrement est d'autant plus crucial que, pour un réseau devant générer un rayonnement à faible élévation, les éléments rayonnants doivent être placés très

proches les uns des autres afin d'éviter d'importants lobes de réseau qui détériorent fortement le gain de l'antenne.

L'invention a notamment pour objectif de pallier cet inconvénient majeur de l'état de la technique.

Plus précisément, l'un des objectifs de la présente invention est de fournir une antenne imprimée permettant d'obtenir un rayonnement pour de faibles élévations tout en présentant un encombrement réduit.

L'invention a également pour objectif de fournir une telle antenne qui conserve tous les avantages des antennes imprimées, et notamment un faible coût de fabrication.

Ces différents objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'une antenne imprimée plane d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences, du type comprenant notamment :

- une plaque de substrat diélectrique,
- un plan de masse constitué par un premier dépôt conducteur déposé sur une première face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- un élément rayonnant constitué par un second dépôt conducteur déposé sur une seconde face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- des moyens d'alimentation de ladite antenne,

ladite antenne présentant un mode fondamental, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'élément rayonnant, et au moins un mode supérieur, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement à faible élévation,

ladite antenne étant caractérisée en ce que ledit élément rayonnant présente au moins une encoche permettant de contrôler la fréquence de résonance d'un mode supérieur choisi.

Le mode supérieur choisi est celui dans lequel on désire voir fonctionner l'antenne, de façon que le rayonnement maximal soit généré pour de faibles élévations.

Ainsi, le principe général de l'invention consiste, pour un mode supérieur donné, à réduire la fréquence de résonance uniquement en réalisant des encoches sur l'élément rayonnant, c'est-à-dire sans modifier l'encombrement global de l'antenne. En d'autres termes, pour un fonctionnement dans un même mode supérieur, l'antenne imprimée de l'invention présente un encombrement plus réduit qu'une antenne imprimée classique.

Avantageusement, la ou les encoches sont disposées sensiblement perpendiculairement aux lignes de courant dudit mode supérieur choisi.

De cette façon, on augmente la longueur électrique de ces lignes de courant, et on diminue donc la fréquence de résonance du mode supérieur choisi.

De façon avantageuse, les dimensions (longueur,

largeur) de la ou des encoches sont déterminées à partir d'une technique de calcul basée sur une méthode d'éléments finis.

Préférentiellement, lesdits moyens d'alimentation mettent en oeuvre une technique d'alimentation appartenant au groupe comprenant :

- l'alimentation par sonde coaxiale ;
- l'alimentation par couplage par fente ;
- l'alimentation par couplage de proximité ;
- l'alimentation par ligne d'alimentation dans le plan de l'élément rayonnant.

Préférentiellement, ledit élément rayonnant est en forme de disque.

Dans un premier mode de réalisation préférentiel de l'invention, ledit mode supérieur choisi est le mode TM₂₁, dont les lignes de courant forment un motif qui se répète dans chaque quart dudit disque,

ledit élément rayonnant présentant quatre encoches radiales, espacées deux à deux angulairement d'environ 90°, chacune desdites encoches étant sensiblement perpendiculaires aux lignes de courant dans un desdits quarts du disque.

Dans un second mode de réalisation préférentiel de l'invention, ledit mode supérieur choisi est le mode TM₀₁, dont les courants sont disposés radialement,

ledit élément rayonnant présentant au moins une encoche circulaire, la ou les encoches s'étendant sur au moins une partie de la circonférence d'un cercle contenu dans ledit disque et de même centre que celui-ci.

De façon avantageuse, chaque encoche coopère avec des moyens d'annihilation de son effet, ladite antenne comprenant des moyens d'activation / désactivation desdits moyens d'annihilation.

Préférentiellement, lesdits moyens d'annihilation de l'effet d'une encoche comprennent une diode reliant les deux bords de ladite encoche.

Dans un premier mode de réalisation particulier de l'invention, ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches,

lesdits moyens d'activation / désactivation agissant simultanément sur tous les moyens d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multimode tel que :

- lorsque tous les moyens d'annihilation sont activés, l'antenne fonctionne dans ledit mode fondamental,
- lorsque tous les moyens d'annihilation sont désactivés, l'antenne fonctionne dans ledit mode supérieur choisi.

Ce fonctionnement multimode permet de couvrir un grand angle solide avec un maximum de rayonnement. En effet, dans le mode fondamental, on a un maximum de rayonnement dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'antenne, et dans le mode supérieur choisi, on a un maximum de rayonnement pour une fai-

ble élévation.

Dans un second mode de réalisation particulier de l'invention, ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches,

5 lesdits moyens d'activation / désactivation agissant sur un nombre variable dans le temps de moyens d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multifréquence tel que chaque nombre distinct de moyens d'annihilation

10 activés à un instant donné correspond à une fréquence de résonance particulière dudit mode supérieur choisi.

Ceci permet un fonctionnement multifréquence pour un même type de mode supérieur.

15 L'invention concerne également une antenne bi-bande, caractérisée en ce qu'elle comprend deux antennes superposées, dites antennes inférieure et supérieure, du type de celles présentées ci-dessus, l'élément rayonnant de ladite antenne inférieure constituant le plan de masse de ladite antenne supérieure.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante de plusieurs modes de réalisation préférentiel de l'invention, donnés à titre d'exemples indicatifs et non limitatifs, et des dessins annexés, dans lesquels :

- 25 - la figure 1 présente une vue de côté d'une antenne classique alimentée par sonde coaxiale ;
- la figure 2 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du rapport d'onde stationnaire (ROS) de l'antenne classique de la figure 1 ;
- 30 - la figure 3 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation d'une première antenne selon l'invention ;
- la figure 4 présente de façon schématique les lignes de courant du mode TM₂₁ pour la première antenne de la figure 3 ;
- 35 - la figure 5 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du ROS de la première antenne de la figure 3 ;
- 40 - la figure 6 présente le diagramme de rayonnement complet, pour la composante E_{theta}, de la première antenne de la figure 3 ;
- les figures 7 et 8 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 0^\circ$ et 90° respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 6 ;
- 45 - la figure 9 présente le diagramme de rayonnement complet, pour la composante E_{phi}, de la première antenne de la figure 3 ;
- les figures 10 et 11 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 45^\circ$ et 135° respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 9 ;
- la figure 12 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation d'une seconde antenne selon l'invention ;
- 55 - la figure 13 présente de façon schématique les lignes de courant du mode TM₀₁ pour la seconde antenne de la figure 12 ;
- la figure 14 présente une courbe de variation, en

fonction de la fréquence, du ROS de la seconde antenne de la figure 12 ;

- la figure 15 présente le diagramme de rayonnement complet, pour la composante E_{θ} , de la seconde antenne de la figure 12 ;
- les figures 16 et 17 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 0^\circ$ et 90° respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 15 ;
- la figure 18 présente le diagramme de rayonnement complet, pour la composante E_{ϕ} , de la seconde antenne de la figure 12 ;
- les figures 19 et 20 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 0^\circ$ et 90° respectivement, du diagramme de rayonnement de la figure 18 ;
- les figures 21 et 22 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'une antenne selon l'invention alimentée par fente ;
- la figure 23 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation particulier d'une antenne selon l'invention comprenant des moyens d'annihilation de l'effet de chaque encoche ; et
- les figures 24 et 25 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'un mode de réalisation particulier d'une antenne bibande selon l'invention.

L'invention concerne donc une antenne imprimée plane d'émission et/ou de réception de signaux hyperfréquences.

La figure 1 présente une vue de côté d'une antenne classique alimentée par sonde coaxiale. L'antenne comprend :

- une plaque de substrat diélectrique 1, d'épaisseur $H = 2,28$ mm et de permittivité relative $\epsilon_r = 2,2$ par exemple ;
- un plan de masse 2 constitué par un premier dépôt conducteur, par exemple de cuivre, déposé sur une première face de la plaque de substrat diélectrique 1 ;
- un élément rayonnant 3 constitué par un second dépôt conducteur, par exemple un disque de cuivre de 73,5 mm de diamètre, déposé sur une seconde face de la plaque de substrat diélectrique 1 ; et
- une sonde coaxiale 4 permettant d'alimenter l'antenne et comprenant un conducteur externe 5 soudé au plan de masse 2 et un conducteur interne 6 soudé à l'élément rayonnant 3. Le positionnement de cette sonde coaxiale 4 permet d'obtenir l'adaptation de l'antenne.

L'antenne présente un mode fondamental, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'élément rayonnant, et au moins un mode supérieur, dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement à faible élévation.

Avec les dimensions indiquées précédemment

pour les différents éléments 1, 2, 3 de l'antenne, on obtient :

- une fréquence de résonance $F_1 = 1,57$ GHz pour le mode fondamental TM11 ;
- une fréquence de résonance $F_2 = 2,63$ GHz pour le mode supérieur TM21 ;
- une fréquence de résonance $F_3 = 3,26$ GHz pour le mode supérieur TM01.

La figure 2 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du rapport d'onde stationnaire (ROS) de l'antenne classique de la figure 1. Cette courbe montre clairement les fréquences de résonance F_1 et F_2 .

Selon l'invention, l'élément rayonnant 3 (c'est-à-dire le disque de cuivre dans cet exemple) n'est pas plein mais présente une ou plusieurs encoches permettant de contrôler la fréquence de résonance d'un mode supérieur choisi. Dans la suite de la description, on présente notamment :

- en relation avec les figures 3 à 11, une première antenne selon l'invention, pour laquelle le mode supérieur choisi est le mode TM21 ;
- en relation avec les figures 12 à 20, une seconde antenne selon l'invention, pour laquelle le mode supérieur choisi est le mode TM01.

La figure 3 présente une vue de dessus de la première antenne selon l'invention. L'élément rayonnant 30 présente quatre encoches radiales 31 à 34, espacées deux à deux angulairement d'environ 90° . Comme cela apparaît sur la figure 4, pour la première antenne de l'invention, les lignes de courant du mode TM21 forment un motif qui se répète selon le quart du disque (les courants étant représentés en pointillés). Les encoches 31 à 34 sont placées afin d'obtenir une interception maximale des courants sur l'élément rayonnant 30. En d'autres termes, chaque encoche est sensiblement perpendiculaire aux lignes de courant dans un des quarts du disque 30.

Dans cet exemple, la longueur des encoches est $L_0 = 18,375$ mm et la largeur $L_a = 7,35$ mm. Dans un but d'optimisation, ces valeurs sont de préférence obtenues à l'aide d'une technique de calcul (mise en oeuvre par logiciel) basée sur une méthode d'éléments finis.

La première antenne a pour but de diminuer la fréquence de résonance du mode supérieur TM21. La figure 5 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du ROS de la première antenne de l'invention. Cette figure 5 montre clairement qu'à l'aide des encoches 31 à 34, la fréquence de résonance du mode supérieur TM21 est ramenée de $F_2 = 2,63$ GHz à $F_2' = 1,662$ GHz. On remarque par ailleurs que la fréquence du mode fondamental se situe maintenant à $F_1' = 1,325$ GHz (au lieu de 1,57 GHz sans les encoches).

L'invention permet donc de réduire considérable-

ment la taille de la structure par rapport à une antenne classique. En effet, pour obtenir un mode TM₂₁ travaillant à la fréquence de 1,662 GHz, il faudrait un disque plein ayant approximativement un diamètre de 119 mm au lieu du diamètre de 73,5 mm de la première antenne de l'invention. Ainsi, dans cet exemple précis, l'invention permet une réduction de la taille de l'antenne d'environ 40 %.

Les figures 6 et 9 présentent chacune le diagramme de rayonnement complet, pour les composantes Etheta et Ephi respectivement, de la première antenne de l'invention. Les figures 7 et 8 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 0^\circ$ et 90° respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Etheta (figure 6). Les figures 10 et 11 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 45^\circ$ et 135° respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Ephi (figure 9).

Les diagrammes de rayonnement ont été mesurés à la fréquence de résonance du mode TM₂₁. Afin d'être très parlants, les résultats sont présentés pour les deux composantes Etheta et Ephi (avec $\phi = 0$ correspondant à l'axe X de l'antenne (cf fig.3), l'axe Z correspondant à la normale au plan de l'antenne).

Les diagrammes de rayonnement se présentent sous forme de "pétales" ayant un maximum situé aux alentours de $\theta = 45^\circ$, avec une rotation spatiale $\phi = 45^\circ$ entre les deux diagrammes de rayonnement associés aux deux composantes. La directivité est de 5,56 dB. Ces diagrammes de rayonnement correspondent parfaitement à ceux d'un mode TM₂₁.

La figure 12 présente une vue de dessus de la seconde antenne selon l'invention. L'élément rayonnant 40 présente quatre encoches circulaires 41 à 44, placés parallèlement à la circonférence du disque 40. Comme cela apparaît sur la figure 13, pour la seconde antenne de l'invention, les lignes de courant du mode TM₀₁ sont circulaires (les courants, représentés en pointillés, étant disposés radialement). Les encoches 41 à 44 sont placées afin d'obtenir une interception maximale des courants sur l'élément rayonnant 40. En d'autres termes, chaque encoche est sensiblement perpendiculaire aux lignes de courant dans un des quarts du disque 40.

Dans cet exemple, le rayon interne des encoches est $R_i = 23,52$ mm, le rayon externe $R_e = 25,72$ mm et le débattement angulaire $Da = 70^\circ$. Dans un but d'optimisation, ces valeurs sont de préférence obtenues à l'aide de la technique de calcul précitée basée sur une méthode d'éléments finis.

La seconde antenne a pour but de diminuer la fréquence de résonance du mode supérieur TM₀₁. La figure 14 présente une courbe de variation, en fonction de la fréquence, du ROS de la seconde antenne de l'invention. Cette figure 14 montre clairement qu'à l'aide des encoches 41 à 44, la fréquence de résonance du mode supérieur TM₀₁ est ramenée de $F_3 = 3,26$ GHz à $F_3' = 2,104$ GHz.

L'invention permet donc de réduire considérable-

ment la taille de la structure par rapport à une antenne classique. En effet, pour obtenir un mode TM₀₁ travaillant à la fréquence de 2,104 GHz, il faudrait un disque plein ayant approximativement un diamètre de 117 mm au lieu du diamètre de 73,5 mm de la seconde antenne de l'invention. Ainsi, dans cet exemple précis, l'invention permet de nouveau une réduction de la taille de l'antenne d'environ 40 %.

Les figures 15 et 18 présentent chacune le diagramme de rayonnement complet, pour les composantes Etheta et Ephi respectivement, de la seconde antenne de l'invention. Les figures 16 et 17 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 0^\circ$ et 90° respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Etheta (figure 15). Les figures 19 et 20 présentent chacune une vue en coupe, pour $\phi = 0^\circ$ et 90° respectivement, du diagramme de rayonnement de la composante Ephi (figure 18). Les diagrammes de rayonnement ont été mesurés à la fréquence de résonance du mode TM₀₁. Les diagrammes de rayonnement sont présentés de la même façon que ceux des figures 6 et 9.

On constate que la composante Etheta se présente sous la forme d'un tore ayant un maximum situé aux environs de $\theta = 45^\circ$. La directivité obtenue pour cette antenne est de 6,31 dB. Ces diagrammes de rayonnement correspondent parfaitement à ceux d'un mode TM₀₁.

Les figures 21 et 22 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'une antenne selon l'invention alimentée par fente. Cette antenne comprend les éléments suivants superposés :

- un élément rayonnant 50 du type de celui présenté sur la figure 3 (avec quatre encoches radiales) et de diamètre W ;
- une première couche de substrat 51, de hauteur H_1 et de permittivité relative ϵ_{r1} ;
- un premier plan de masse 52 comportant une fente de couplage 53 ;
- une seconde couche de substrat 54, de hauteur H_2 et de permittivité relative ϵ_{r2} ;
- une ligne d'alimentation 55, dont l'extrémité qui s'étend au-delà de la fente 53 constitue un stub d'adaptation de longueur L_{stub} ;
- une troisième couche de substrat 56, de hauteur H_3 et de permittivité relative ϵ_{r3} ;
- un second plan de masse 57.

On a présenté ci-dessus deux types d'alimentation, à savoir par sonde coaxiale et par couplage par fente. Il est clair cependant que l'invention n'est pas limitée à ces deux types d'alimentation mais peut être utilisée par tout type d'alimentation classique (couplage de proximité, ligne d'alimentation dans le plan de l'élément rayonnant, etc).

La figure 23 présente une vue de dessus d'un mode de réalisation particulier d'une antenne selon l'invention, dans lequel chaque encoche coopère avec des moyens

61 d'annihilation de son effet. L'antenne comprend également des moyens d'activation / désactivation de ces moyens 61 d'annihilation. Ces moyens (non représentés) d'activation / désactivation sont par exemple un dispositif de commande électronique. Dans l'exemple présenté, les moyens d'annihilation de l'effet d'une encoche comprennent une diode varactor 61 reliant les deux bords de cette encoche.

Ainsi, avec ces moyens supplémentaires, on peut envisager d'autres types de fonctionnement de l'antenne de l'invention, et notamment un fonctionnement multimode et un fonctionnement multifréquence.

En fonctionnement multimode, les moyens d'activation / désactivation agissent simultanément sur toutes les diodes, de façon que :

- lorsque toutes les diodes sont activées, l'antenne fonctionne dans le mode fondamental (ayant un maximum de rayonnement perpendiculaire à l'antenne),
- lorsque toutes les diodes sont désactivées, l'antenne fonctionne dans un mode supérieur choisi (ayant un maximum de rayonnement pour une faible élévation).

En fonctionnement multifréquence pour un mode supérieur choisi, les moyens d'activation / désactivation agissent sur un nombre variable dans le temps de diodes, de façon que chaque nombre distinct de diodes activées à un instant donné corresponde à une fréquence de résonance particulière du mode supérieur choisi.

Les figures 24 et 25 présentent chacune une vue, respectivement de côté et de dessus, d'un mode de réalisation particulier d'une antenne bibande selon l'invention.

Cette antenne bibande comprend deux antennes (inférieure 70 et supérieure 71) superposées. L'élément rayonnant (par exemple un disque) 72 de l'antenne inférieure 71 constitue le plan de masse de l'antenne supérieure 71.

L'antenne inférieure 70 comprend un plan de masse 73, une plaque de substrat (non représentée), un élément rayonnant 72 et une première alimentation coaxiale 74. L'antenne supérieure 71 comprend un plan de masse (constitué par l'élément rayonnant 72 de l'antenne inférieure 70), une plaque de substrat (non représentée), un élément rayonnant 75 et une seconde alimentation coaxiale 76.

Chaque antenne 70, 71 fonctionne de façon indépendante. Les deux disques 72, 75 sont décalés de sorte que l'attaque du disque supérieur 75 traverse le disque inférieur 72 en son milieu, de manière à minimiser la perturbation ainsi apportée.

Revendications

1. Antenne imprimée plane d'émission et/ou de réception

de signaux hyperfréquences, du type comprenant notamment :

- une plaque de substrat diélectrique (1),
- un plan de masse (2) constitué par un premier dépôt conducteur déposé sur une première face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- un élément rayonnant (30 ; 40 ; 50) constitué par un second dépôt conducteur déposé sur une seconde face de ladite plaque de substrat diélectrique,
- des moyens (4) d'alimentation de ladite antenne,

ladite antenne présentant un mode fondamental (TM₁₁), dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement ayant un maximum dans la direction perpendiculaire au plan contenant l'élément rayonnant, et au moins un mode supérieur (TM₂₁, TM₀₁), dans lequel elle génère un diagramme de rayonnement à faible élévation,

caractérisée en ce que ledit élément rayonnant présente au moins une encoche (31 à 34 ; 41 à 44) permettant de contrôler la fréquence de résonance d'un mode supérieur choisi.

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que la ou les encoches (31 à 34 ; 41 à 44) sont disposées sensiblement perpendiculairement aux lignes de courant dudit mode supérieur choisi.

3. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que les dimensions de la ou des encoches (31 à 34 ; 41 à 44) sont déterminées à partir d'une technique de calcul basée sur une méthode d'éléments finis.

4. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que lesdits moyens d'alimentation mettent en oeuvre une technique d'alimentation appartenant au groupe comprenant :

- l'alimentation par sonde coaxiale (4) ;
- l'alimentation par couplage par fente (53) ;
- l'alimentation par couplage de proximité ;
- l'alimentation par ligne d'alimentation dans le plan de l'élément rayonnant.

5. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que ledit élément rayonnant (30 ; 40 ; 50) est en forme de disque.

6. Antenne selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit mode supérieur choisi est le mode TM₂₁, dont les lignes de courant forment un motif qui se répète dans chaque quart dudit disque, et en ce que ledit élément rayonnant (30) présente quatre encoches radiales (31 à 34), espacées

deux à deux angulairement d'environ 90°, chacune desdites encoches étant sensiblement perpendiculaires aux lignes de courant dans un desdits quarts du disque.

conque des revendications 1 à 11, l'élément rayonnant (72) de ladite antenne inférieure constituant le plan de masse de ladite antenne supérieure.

- 5
7. Antenne selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit mode supérieur choisi est le mode TM01, dont les courants sont disposés radialement, et en ce que ledit élément rayonnant (40) présente au moins une encoche circulaire (41 à 44), la ou les encoches s'étendant sur au moins une partie de la circonférence d'un cercle contenu dans ledit disque et de même centre que celui-ci. 10
8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que chaque encoche coopère avec des moyens (61) d'annihilation de son effet, et en ce qu'elle comprend des moyens d'activation / désactivation desdits moyens d'annihilation. 15
20
9. Antenne selon la revendication 8, caractérisée en ce que lesdits moyens d'annihilation de l'effet d'une encoche comprennent une diode (61) reliant les deux bords de ladite encoche. 25
10. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisée en ce que ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches, et en ce que lesdits moyens d'activation / désactivation agissent simultanément sur tous les moyens (61) d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multimode tel que : 30
35
- lorsque tous les moyens d'annihilation sont activés, l'antenne fonctionne dans ledit mode fondamental,
 - lorsque tous les moyens d'annihilation sont désactivés, l'antenne fonctionne dans ledit mode supérieur choisi. 40
11. Antenne selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisée en ce que ledit élément rayonnant présente une pluralité d'encoches, et en ce que lesdits moyens d'activation / désactivation agissent sur un nombre variable dans le temps de moyens (61) d'annihilation associés à ladite pluralité d'encoches, de façon à permettre un fonctionnement multifréquence tel que chaque nombre distinct de moyens d'annihilation activés à un instant donné correspond à une fréquence de résonance particulière dudit mode supérieur choisi. 45
50
55
12. Antenne bibande, caractérisée en ce qu'elle comprend deux antennes superposées, dites antennes inférieure (70) et supérieure (71), selon l'une quel-

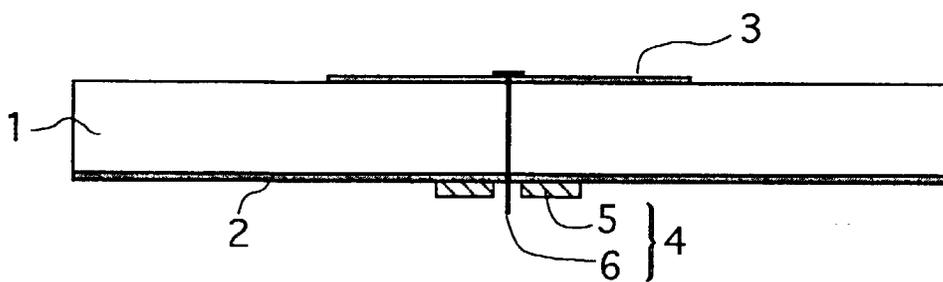


Fig. 1

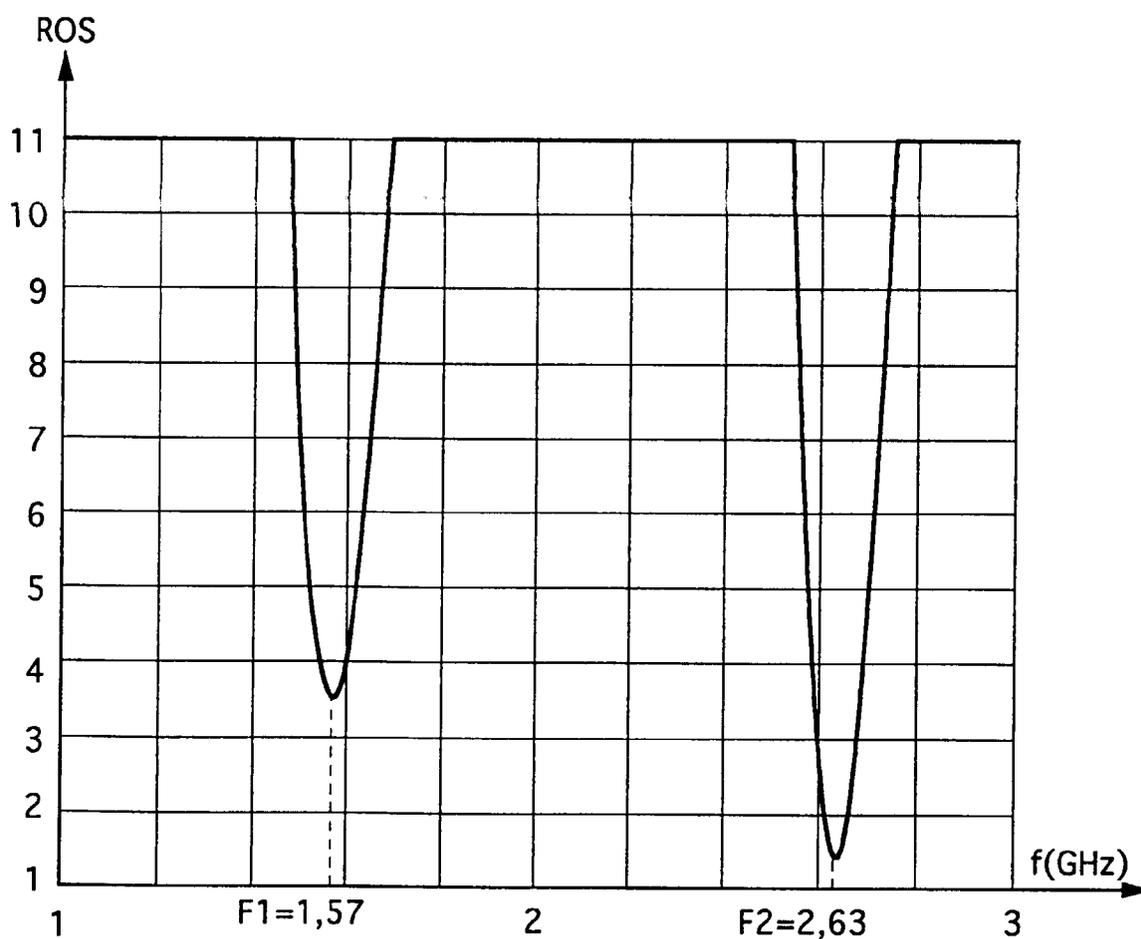


Fig. 2

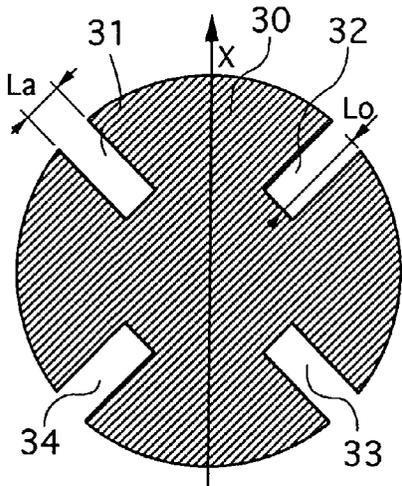


Fig. 3

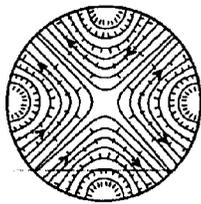


Fig. 4

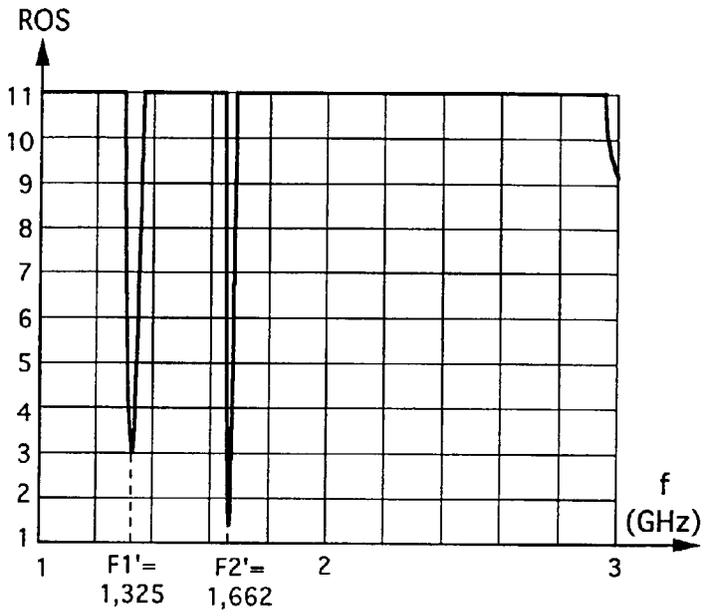


Fig. 5

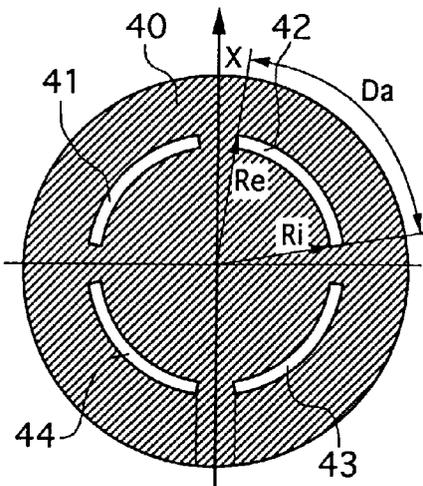


Fig. 12

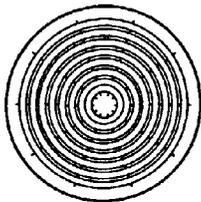


Fig. 13

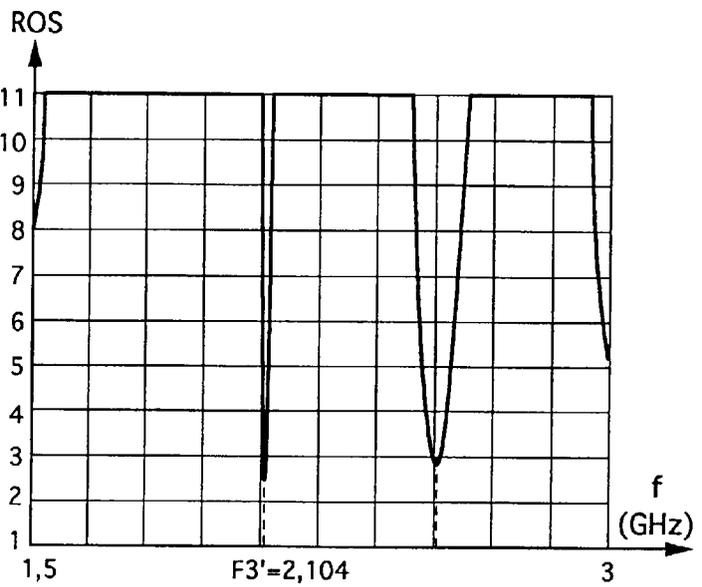


Fig. 14

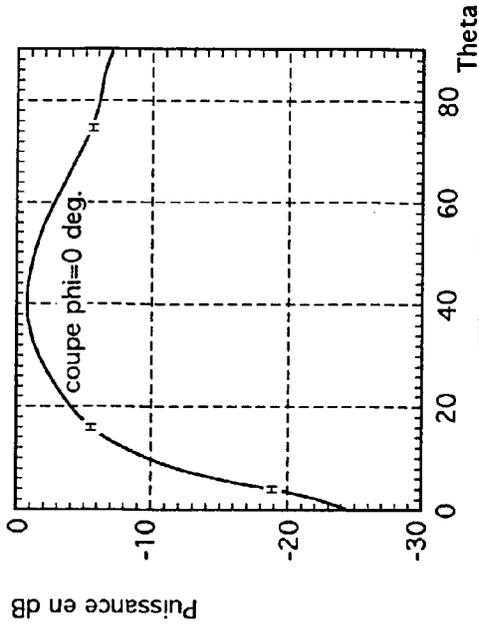


Fig. 7

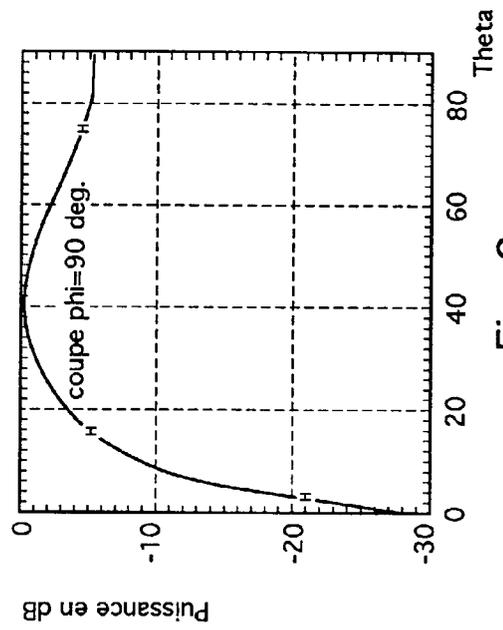


Fig. 8

Norme: 18.38 dB

- A — -1 dB
- B — -3 dB
- C — -5 dB
- D — -7 dB
- E — -10 dB
- F — -15 dB
- G — -20 dB
- H — -30 dB

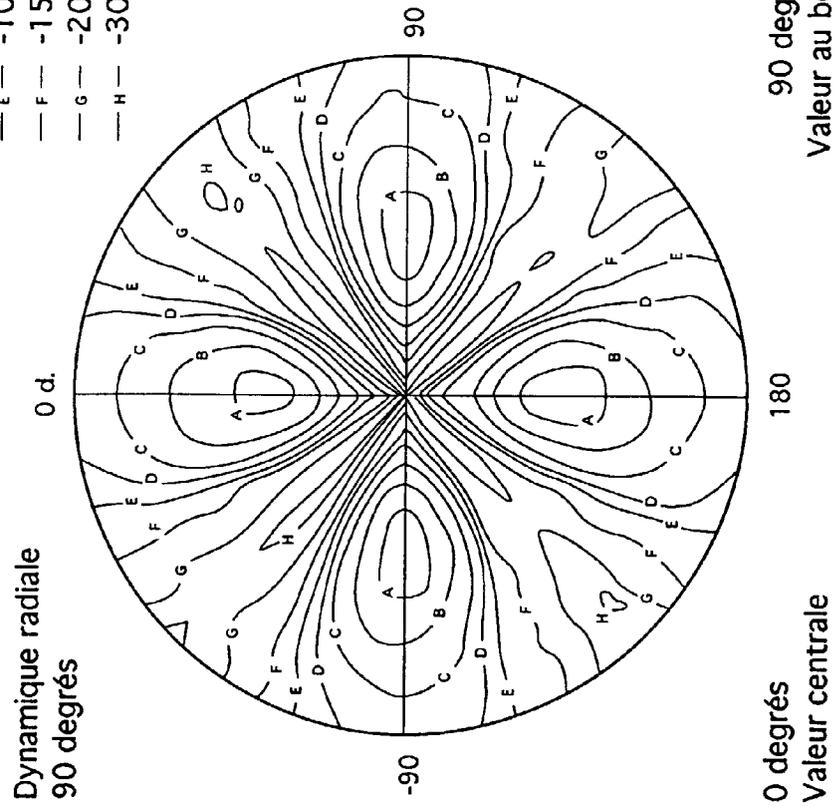


Fig. 6

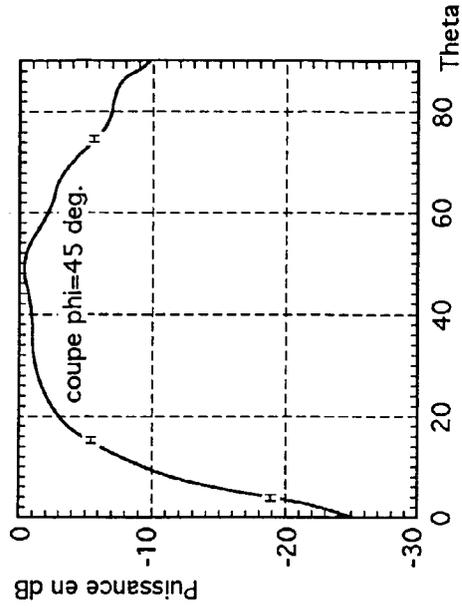


Fig. 10

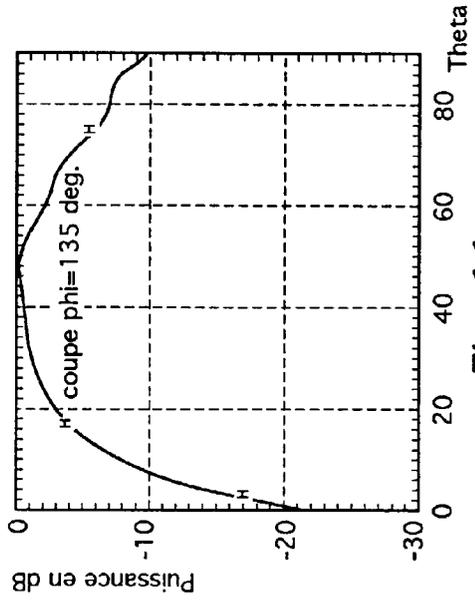


Fig. 11

Norme: 18.01 dB

- A - -1 dB
- B - -3 dB
- C - -5 dB
- D - -7 dB
- E - -10 dB
- F - -15 dB
- G - -20 dB
- H - -30 dB

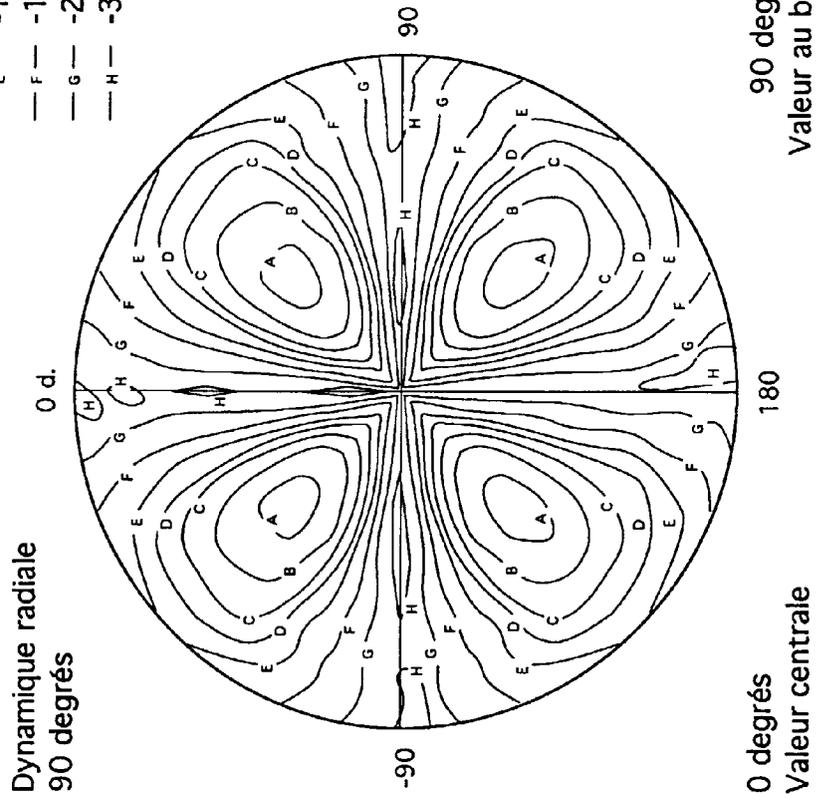


Fig. 9

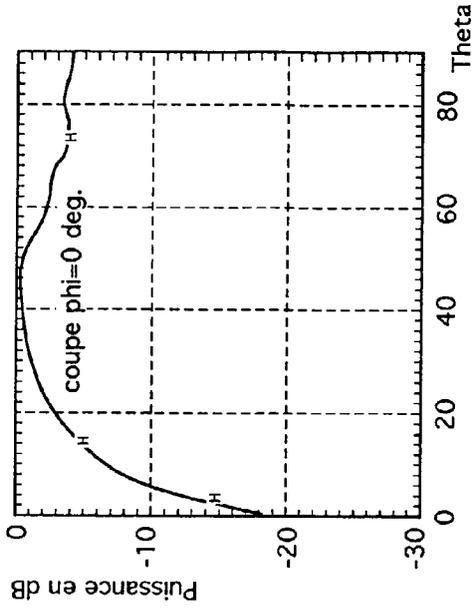


Fig. 16

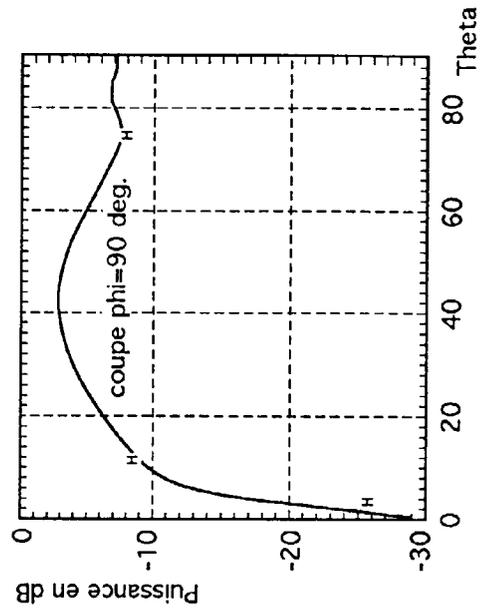


Fig. 17

Norme: 19.64 dB

- A - -1 dB
- B - -3 dB
- C - -5 dB
- D - -7 dB
- E - -10 dB
- F - -15 dB
- G - -20 dB
- H - -30 dB

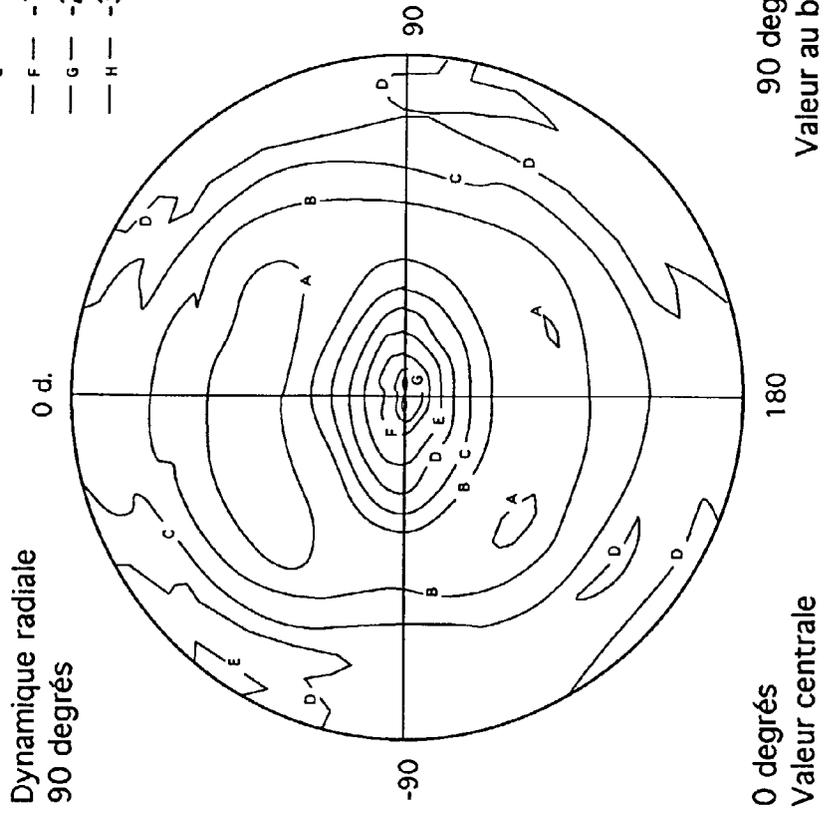
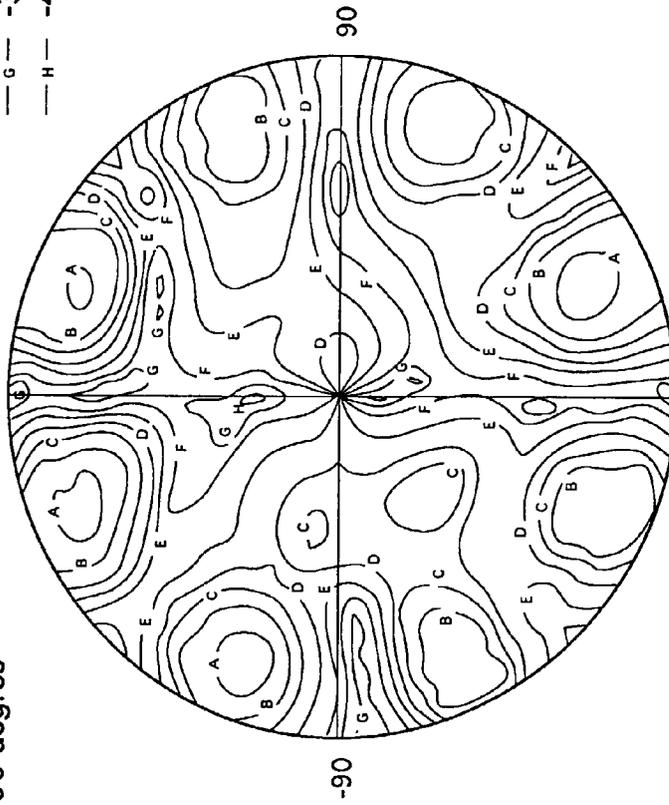


Fig. 15

- Norme: 19.64 dB
- A — -10 dB
 - B — -13 dB
 - C — -15 dB
 - D — -17 dB
 - E — -20 dB
 - F — -25 dB
 - G — -30 dB
 - H — -40 dB

Dynamique radiale
90 degrés



0 degrés
Valeur centrale

90 degrés
Valeur au bord

Fig. 18

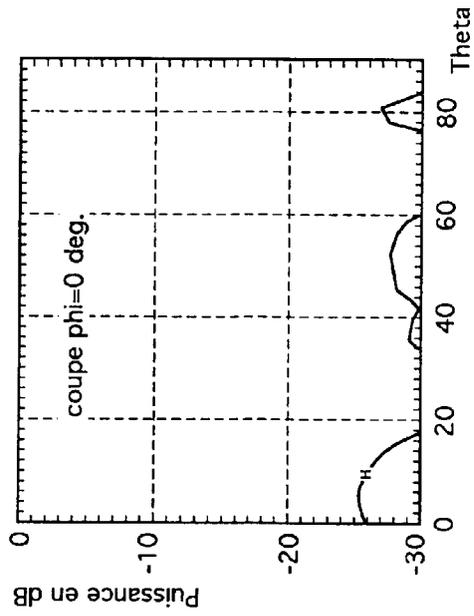


Fig. 19

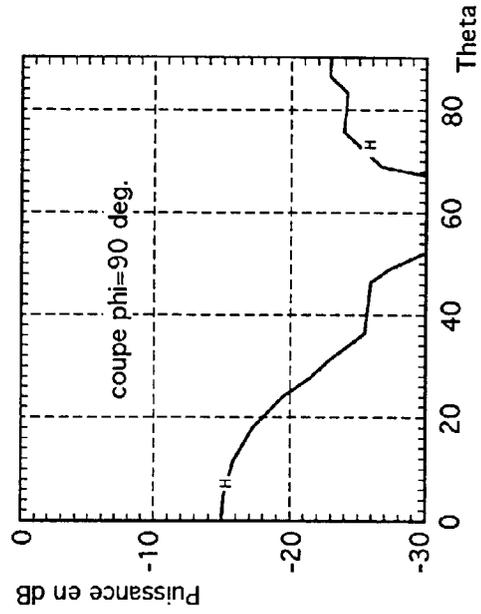


Fig. 20

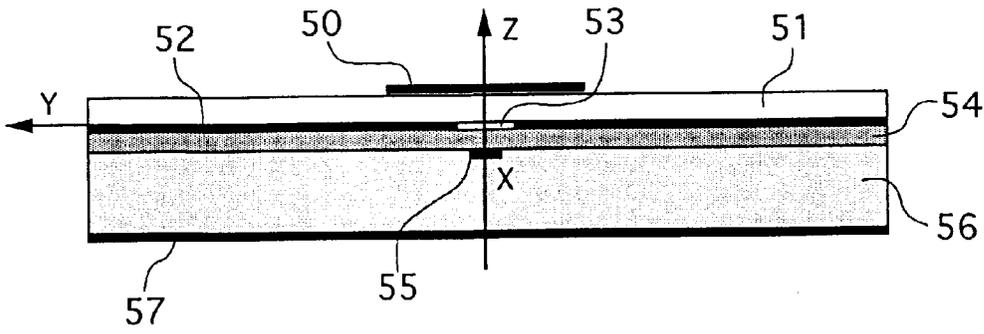


Fig. 21

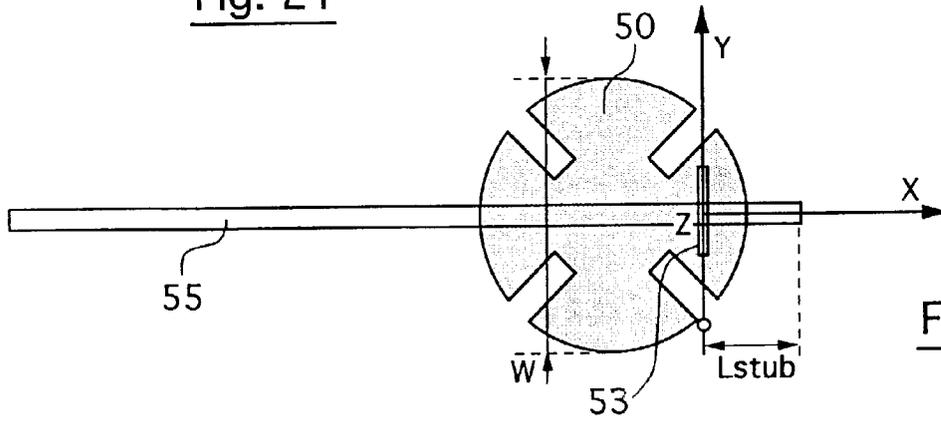


Fig. 22

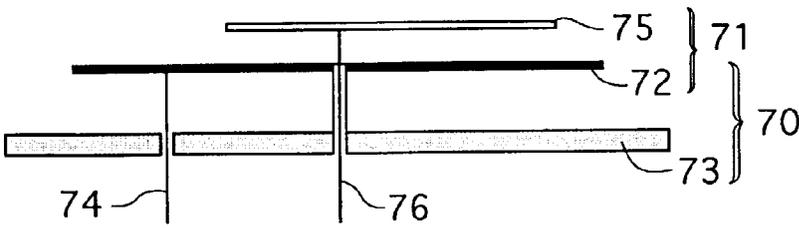


Fig. 24

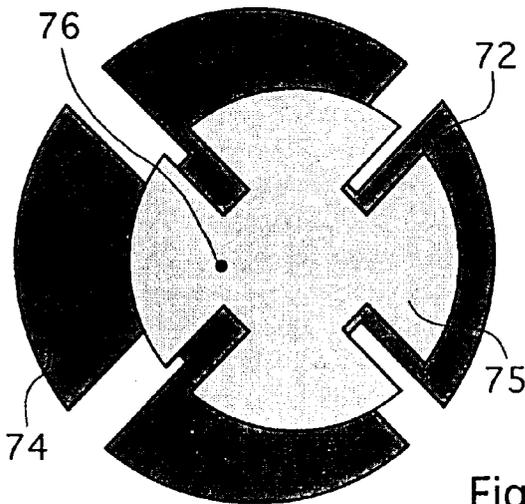


Fig. 25

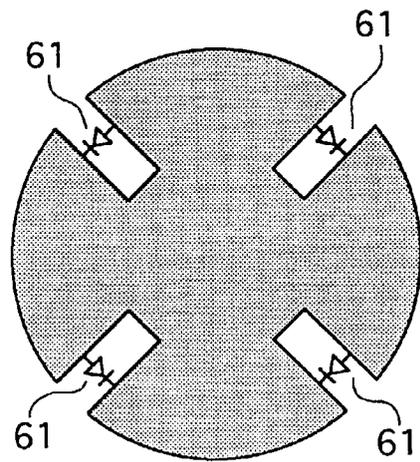


Fig. 23



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 97 46 0016

| 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) |
| Y | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 213 (E-0923), 7 Mai 1990 & JP 02 048803 A (YUUSEISHIYOU TSUSHIN SOGO KENKYUSHO), 19 Février 1990, * abrégé * | 1,2 | H01Q9/04 |
| Y | IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, vol. 40, no. 2, 1 Mai 1991, pages 483-486, XP000234906 HIROYUKI ARAI ET AL: "A FLAT ENERGY DENSITY ANTENNA SYSTEM FOR MOBILE TELEPHONE" * page 483, alinéa II * | 1,2 | |
| A | FR 2 664 749 A (CENTRE REGIONAL D'INNOVATION ET DE TRANSFERT DE TECHN. DE BRETAGNE) * page 5, ligne 25 - page 6, ligne 20 * | 7 | |
| A,P | EP 0 708 492 A (ASULAB) * page 4, ligne 13 - ligne 26; revendication 1; figure 4 * | 1,2,4-6 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) |
| Y | US 4 529 987 A (PRAKASH BHARTIA ET AL) * abrégé; figures 1,2 * | 9 | H01Q |
| Y | TELECOMMUNICATIONS AND RADIO ENGINEERING, vol. 47, no. 3, 1 Mars 1992, pages 76-79, XP000362730 KHITROV Y A: "A SWITCHED MICROSTRIP ANTENNA*" * page 76; figure 1 * | 9 | |
| Y | EP 0 270 209 A (STC PLC) * abrégé; figure 2 * | 12 | |
| Y | US 4 089 003 A (P. J. CONROY) * abrégé; figure 2 * | 12 | |
| | -/-- | | |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | |
| Lieu de la recherche | | Date d'achèvement de la recherche | |
| BERLIN | | 22 Juillet 1997 | |
| | | Examineur | |
| | | Breusing, J | |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES | | | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul | | T : théorie ou principe à la base de l'invention | |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie | | E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date | |
| A : arrière-plan technologique | | D : cité dans la demande | |
| O : divulgation non-écrite | | L : cité pour d'autres raisons | |
| P : document intercalaire | | & : membre de la même famille, document correspondant | |

EPO FORM 1503 (03.92) (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 97 46 0016

| 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 | IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, vol. 36, no. 3, Mars 1988, NEW YORK, pages 309-321, XP002022223 R. G. VAUGHAN: "Two-port higher mode circular microstrip antennas" * le document en entier * | | |
| A | US 5 410 323 A (SHINICHI KURODA) * abrégé; figure 2 * | 1 | |
| A | US 4 053 895 A (C. S. MALAGISI) * abrégé; figure 5 * | | |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) |
| Lien de la recherche BERLIN | | Date d'achèvement de la recherche 22 Juillet 1997 | Examinateur Breusing, J |
| 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 1503 03.82 (P04C02)