

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 12.10.99.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 13.04.01 Bulletin 01/15.

56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71) Demandeur(s) : UNIVERSITE DE RENNES I Etablis-  
sment public à caractère scientifique et culturel — FR.

72) Inventeur(s) : HIMDI MOHAMED et DANIEL JEAN  
PIERRE.

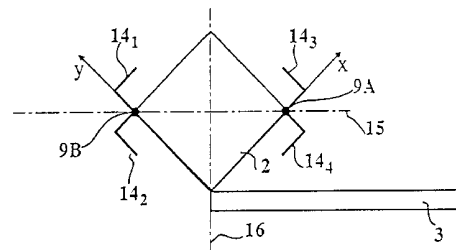
73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : CABINET PATRICE VIDON.

54) ANTENNE IMPRIMEE A BANDE PASSANTE ELARGIE ET FAIBLE NIVEAU DE POLARISATION CROISEE, ET RESEAU D'ANTENNES CORRESPONDANT.

57) L'invention concerne une antenne imprimée, du type comprenant: une plaque de substrat; un dépôt métallique, situé sur une face de ladite plaque de substrat et définissant une pastille résonante (2); un moyen d'alimentation (3), permettant d'alimenter ladite pastille résonante. Selon l'invention, l'antenne comprend en outre au moins un bras de réactance (14<sub>1</sub> à 14<sub>4</sub>) s'étendant à partir d'un point froid (9A, 9B) de ladite pastille résonante.

L'invention concerne également un réseau d'antennes comprenant au moins deux antennes imprimées telles que précitées.



**Antenne imprimée à bande passante élargie et faible niveau de polarisation croisée, et réseau d'antennes correspondant.**

Le domaine de l'invention est celui des antennes réalisées en technologie imprimée.

5 On rappelle que cette technologie permet d'obtenir des antennes imprimées légères, compactes et peu coûteuses si fabriquées en grande série. On les retrouve désormais dans tous types d'applications (réception de télévision par satellite, télécommunications, radars portables, ...). Elles peuvent être utilisées seules ou en réseaux.

10 Plus précisément, l'invention concerne un perfectionnement aux antennes imprimées classiques.

Traditionnellement, une antenne imprimée comprend notamment :

- une plaque de substrat (ou diélectrique) ;
- un dépôt métallique, situé sur une face de la plaque de substrat et définissant une pastille résonante (ou "patch"). Généralement, la pastille résonante est de forme carrée ou circulaire, et ses dimensions sont de l'ordre d'une demi-longueur d'onde. ;
- un moyen d'alimentation, permettant d'alimenter la pastille résonante, par contact (ligne ou sonde coaxiale) ou par couplage (ligne ou fente découpée dans un plan de masse).

20 Si une telle antenne imprimée classique offre plusieurs avantages (légèreté, compacité et faible coût), elle présente néanmoins également quelques inconvénients.

25 Tout d'abord, la bande passante d'une telle antenne imprimée classique n'est pas assez large (en général quelques % à ROS (Rapport d'Onde Stationnaire) inférieur à 2. On rappelle que ce pourcentage est obtenu par division de la largeur de bande par la fréquence centrale de cette bande. Une solution connue pour augmenter la bande passante consiste à augmenter l'épaisseur de la plaque de substrat. Malheureusement, cette solution engendre des rayonnements parasites qui la rende inutilisable dans la pratique. En effet, le fonctionnement idéal correspond à l'excitation d'un mode particulier (généralement un mode fondamental), mais lorsque l'épaisseur du substrat devient importante par rapport à la longueur d'onde (environ  $0,1\lambda$ , avec  $\lambda$  la longueur

30

d'onde de fonctionnement), alors on excite involontairement d'autres modes (généralement des modes supérieurs), dits modes parasites. On excite aussi des ondes de surfaces parasites qui réduisent l'efficacité de l'antenne.

5 Par ailleurs, une telle antenne imprimée classique génère un niveau de polarisation croisée trop élevé. Ce niveau reflète la capacité de l'antenne, lorsqu'elle fonctionne selon une première polarisation (composante principale, par exemple horizontale), à rejeter une seconde polarisation (composante croisée, par exemple verticale). Idéalement, le niveau de polarisation croisée est nul.

10 Les réseaux d'antennes actuels, du fait qu'ils sont obtenus par juxtaposition d'une pluralité d'antennes imprimées classiques (dites sources), présentent les mêmes inconvénients que ceux précités (bande passante trop étroite et niveau de polarisation croisée trop élevé).

15 Un tel réseau d'antennes peut être utilisé soit pour maximiser le diagramme de rayonnement dans une direction principale prédéterminée (par exemple la normale Oz au plan (Ox, Oy) contenant le réseau d'antennes), soit pour générer un diagramme de rayonnement dépointé par rapport à cette direction principale prédéterminée. Le second cas correspond notamment, mais non exclusivement, à l'obtention d'un diagramme de rayonnement du type "cosécanté", permettant de varier la puissance d'émission (et/ou de réception) du réseau en fonction d'au moins un paramètre angulaire. Ce paramètre angulaire est par exemple l'angle  $\theta$  entre l'axe Oz et la direction dépointée du diagramme de rayonnement, et/ou l'angle  $\varphi$  entre l'axe Ox et la projection dans le plan (Ox, Oy) de la direction dépointée du diagramme de rayonnement.

20 Actuellement, la mise en oeuvre d'un réseau d'antennes dans le second cas précité (diagramme de rayonnement dépointé) nécessite l'utilisation de moyens supplémentaires permettant de jouer sur la phase et l'amplitude de chacune des antennes élémentaires. Or, ces moyens supplémentaires sont complexes et coûteux.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients de l'état de la technique.

30 Plus précisément, l'un des objectifs de la présente invention est de fournir une antenne imprimée possédant une bande passante élargie et un faible niveau de polarisation croisée.

L'invention a également pour objectif de fournir une telle antenne imprimée qui présente un coût de fabrication sensiblement égal à celui d'une antenne imprimée classique.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle antenne imprimée possédant des dimensions proches de celles d'une antenne imprimée classique.

Un objectif complémentaire de l'invention est de fournir un réseau d'antennes à partir d'une pluralité de telles antennes imprimées.

Un autre objectif de l'invention est de fournir un tel réseau d'antennes imprimées permettant d'obtenir un diagramme de rayonnement dépointé sans moyens supplémentaires (permettant de jouer sur la phase et l'amplitude) complexes et coûteux.

Ces différents objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'une antenne imprimée, du type comprenant :

- une plaque de substrat,
- un dépôt métallique, situé sur une face de ladite plaque de substrat et définissant une pastille résonante,
- un moyen d'alimentation, permettant d'alimenter ladite pastille résonante,

et comprenant en outre :

- au moins un bras de réactance s'étendant à partir d'un point froid de ladite pastille résonante.

L'antenne imprimée de l'invention se distingue donc de celle de l'art antérieur en ce que, à partir d'un ou plusieurs points froids de la pastille résonante, s'étendent un ou plusieurs bras de réactance. Chaque "bras de réactance" (ou stub, ou encore "moustache") peut être soit dans le plan contenant la pastille résonante, soit dans un plan incliné par rapport à ce dernier. Le second cas (bras dans un plan incliné) inclut notamment, mais non exclusivement, les bras de réactance s'étendant vers le haut, de type monopoles, et les bras de réactance s'étendant vers le bas, de type lignes coaxiales.

Il est clair que la totalité ou une partie seulement des points froids peut être concernée. Il est clair également que chaque point froid concerné peut constituer un point de départ pour un ou plusieurs bras de réactance. On rappelle qu'un point froid, pour un mode donné, est un point de la pastille résonante où le courant est maximal et où la tension est nulle.

Les bras de réactance permettent de supprimer, en les court-circuitant, des modes non désirés (ou modes parasites), et par là même d'améliorer nettement :

- le niveau de polarisation croisée, en augmentant le rayonnement utile, selon la polarisation principale, par rapport au rayonnement parasite, selon la polarisation croisée ;
- la bande passante, en ramenant une réactance à certaines fréquences. En d'autres termes, on minimise la variation d'énergie réactive

Dans un premier mode de réalisation avantageux de l'antenne imprimée selon l'invention, ledit moyen d'alimentation n'alimente pas sensiblement "en coin" ladite pastille résonante, ladite pastille résonante présentant de ce fait un unique mode fondamental. Ledit point froid à partir duquel s'étend ledit au moins un bras de réactance est un point froid pour ledit unique mode fondamental.

Ainsi, dans ce premier mode de réalisation de l'antenne selon l'invention, les modes non désirés que l'on supprime sont les modes supérieurs.

Dans un second mode de réalisation avantageux de l'antenne imprimée selon l'invention, ledit moyen d'alimentation alimente sensiblement "en coin" ladite pastille résonante, ladite pastille résonante présentant de ce fait au moins deux modes fondamentaux. Ledit point froid à partir duquel s'étend ledit au moins un bras de réactance est un point froid pour la superposition desdits au moins deux modes fondamentaux.

Ainsi, dans ce second mode de réalisation de l'antenne selon l'invention, les modes non désirés que l'on supprime sont les modes supérieurs.

Dans un troisième mode de réalisation avantageux de l'antenne imprimée selon l'invention, ledit moyen d'alimentation alimente sensiblement "en coin" ladite pastille résonante, ladite pastille résonante présentant de ce fait au moins deux modes fondamentaux. Ledit point froid à partir duquel s'étend ledit au moins un bras de réactance est un point froid pour l'un desdits modes fondamentaux.

Ainsi, dans ce troisième mode de réalisation de l'antenne selon l'invention, les modes non désirés que l'on supprime sont d'une part l'autre mode fondamental (un point froid de l'un des deux modes fondamentaux étant un point chaud de l'autre) et d'autre part les modes supérieurs.

De façon avantageuse, ledit au moins un bras de réactance est formé dans ledit dépôt métallique. De cette façon, les bras de réactance sont très simple à réaliser et n'engendrent pas de surcoût par rapport à la pastille résonante seule.

Avantageusement, ledit au moins un bras de réactance est un tronçon de ligne formé dans ledit dépôt métallique et s'étendant vers l'extérieur de ladite pastille résonante.

Selon une variante avantageuse, ledit au moins un bras de réactance est un tronçon de fente formé dans ledit dépôt métallique et s'étendant vers l'intérieur de ladite pastille résonante.

Avec cette variante, on gagne encore en compacité puisque les bras de réactance ne s'étendent pas vers l'extérieur de la pastille. Dans ce cas, l'encombrement de l'antenne imprimée selon l'invention est le même que celui d'une antenne imprimée classique.

Préférentiellement, ledit moyen d'alimentation appartient au groupe comprenant :

- les lignes à attaque directe ;
- les sondes à attaque directe ;
- les lignes à couplage sans contact ;
- les lignes à couplage sans contact coopérant avec des fentes.

Cette liste est nullement exhaustive.

De façon préférentielle, de façon à obtenir un fonctionnement prédéterminé de ladite antenne imprimée, on joue lors de la conception de ladite antenne sur au moins un paramètre appartenant au groupe comprenant :

- la longueur de chaque bras de réactance ;
- la largeur de chaque bras de réactance ;
- la forme géométrique de chaque bras de réactance ;
- la position de chaque bras de réactance ;
- le nombre de points froids à partir desquels s'étend au moins un bras de réactance ;
- le nombre de bras de réactance s'étendant à partir de chaque point froid.

Ainsi, il existe de nombreuses stratégies possibles pour maîtriser la réactance globale introduite par l'ensemble des bras de réactance.

Avantageusement, ledit au moins un bras de réactance présente une longueur sensiblement égale à  $\lambda/4$ , avec  $\lambda$  la longueur d'onde de fonctionnement. De cette façon, le bras de réactance constitue un stub en circuit ouvert proche d'un quart d'onde.

De façon avantageuse, ledit au moins un bras de réactance présente au moins un  
5 coude. Les coudes permettent aux bras de réactance de rester au plus près de la pastille résonante. L'antenne est donc plus compacte.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, ladite pastille résonante possède au moins deux points froids, ladite antenne comprend au moins une première  
10 paire de bras de réactance. Les bras de réactance de ladite au moins une première paire de bras de réactance présentent sensiblement une symétrie par rapport à un premier axe, passant par lesdits au moins deux points froids.

Cette première symétrie entre paires de bras de réactance permet de réduire la quantité de parasites, et donc d'améliorer les performances de l'antenne.

Avantageusement, ladite pastille résonante possède au moins deux points froids.  
15 Ladite antenne comprend au moins une seconde paire de bras de réactance. Les bras de réactance de ladite au moins une seconde paire de bras de réactance présentent sensiblement une symétrie par rapport à un second axe, formant axe de symétrie pour ladite pastille résonante et passant par un point d'excitation de ladite pastille résonante par ledit moyen d'alimentation.

20 La combinaison de deux symétries entre paires de bras de réactance, selon deux axes distincts, permet d'améliorer encore les performances de l'antenne.

L'invention concerne également un réseau d'antennes comprenant au moins deux antennes imprimées telles que précitées.

Dans un premier mode de réalisation avantageux du réseau d'antennes imprimées  
25 selon l'invention, chacune desdites antennes comprend un même jeu d'au moins un bras de réactance, de façon à maximiser un rayonnement dudit réseau d'antennes dans une direction principale prédéterminée.

Avantageusement, ledit réseau comprend au moins une première paire d'antennes et au moins une seconde paire d'antennes. Les bras de réactance des antennes de ladite  
30 au moins une première paire d'antennes présentent entre eux sensiblement une symétrie par rapport à un troisième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes et

passant par un point d'alimentation dudit réseau d'antennes. Les bras de réactance des antennes de ladite au moins une seconde paire d'antennes présentent entre eux sensiblement une symétrie par rapport à un quatrième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes, perpendiculaire audit troisième axe et passant par ledit point d'alimentation dudit réseau d'antennes.

Ainsi, si l'on suppose que le réseau est dans un plan (Ox, Oy), la direction principale prédéterminée est l'axe Oz, et les troisième et quatrième axes sont par exemple respectivement les axes Ox et Oy (ou inversement les axes Oy et Ox).

Cette double symétrie entre bras de réactance de paires d'antennes permet de réduire la quantité de parasites, et donc d'améliorer les performances du réseau d'antennes. Il convient de distinguer ces symétries, au sein du réseau d'antennes, entre bras de réactance de paires d'antennes, et les symétries précitées, au sein de l'antenne utilisée seule, entre paires de bras de réactance. En effet, les axes de symétrie concernés ne sont pas les mêmes dans les deux cas (les uns sont propres à l'antenne, alors que les autres sont propres au réseau d'antennes).

Dans un second mode de réalisation avantageux du réseau d'antennes imprimées selon l'invention, au moins deux desdites antennes comprennent chacune un jeu distinct d'au moins un bras de réactance, de façon à induire un dépointage du rayonnement dudit réseau d'antennes par rapport à une direction principale prédéterminée.

Ainsi, en choisissant convenablement les bras de réactance, on peut dépointer le diagramme de rayonnement du réseau d'antenne. Par "direction principale prédéterminée", on entend ici la direction que prendrait le diagramme de rayonnement s'il n'y avait pas de dépointage. Si l'on suppose à nouveau que le réseau est dans un plan (Ox, Oy), la direction principale prédéterminée, par rapport à laquelle s'effectue le dépointage, est l'axe Oz. Contrairement à la solution classique discutée ci-dessus, l'invention permet d'effectuer une telle défocalisation sans aucun moyen supplémentaire (ni déphaseur, ni amplificateur).

Avantageusement, ledit réseau comprend au moins une première paire d'antennes. Les bras de réactance des antennes de ladite au moins une première paire d'antennes ne présentent pas entre eux une symétrie par rapport à un troisième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes et passant par un point



d'alimentation dudit réseau d'antennes. De cette façon, ledit dépointage s'effectue autour dudit troisième axe. Ainsi, le dépointage s'effectue par exemple autour de l'axe Ox (ou Oy).

De façon avantageuse, ledit réseau comprend au moins une seconde paire  
5 d'antennes. Les bras de réactance des antennes de ladite au moins une seconde paire d'antennes ne présentent pas entre eux une symétrie par rapport à un quatrième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes, perpendiculaire audit troisième axe et passant par ledit point d'alimentation dudit réseau d'antennes. De cette façon, ledit dépointage s'effectue également autour dudit quatrième axe. Ainsi, le dépointage  
10 s'effectue par exemple autour de l'axe Oy (ou Ox).

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

- la figure 1 (art antérieur) présente une vue en perspective d'une première  
15 antenne imprimée connue, avec une alimentation "non en coin" ;
- la figure 2 (art antérieur) illustre la distribution du champ électrique autour de la pastille de la première antenne connue de la figure 1 ;
- la figure 3 (art antérieur) présente une vue de dessus d'une seconde antenne imprimée connue, avec une alimentation "en coin" ;
- les figures 4A, 4B et 4C (art antérieur) illustrent chacune la distribution  
20 du champ électrique autour de la pastille de la seconde antenne connue de la figure 3, respectivement pour un premier mode fondamental (fig.4A), un second mode fondamental (fig.4B) et la superposition des premier et second modes fondamentaux (fig.4C) ;
- chacune des figures 5 à 12 présente une vue de dessus d'un mode de  
25 réalisation distinct d'une antenne imprimée selon la présente invention ; et
- la figure 13 présente une vue en perspective d'un mode de réalisation particulier d'un réseau d'antennes imprimées selon la présente invention.

Dans un souci de simplification, des éléments identiques sur différentes figures  
30 conservent une même référence numérique.

Afin d'expliciter la notion de point froid d'une antenne imprimée, on présente tout d'abord, en relation avec les figures 1 à 4, deux exemples d'antennes imprimées selon l'art antérieur.

La première antenne imprimée connue (cf. fig.1 et 2) comprend, de façon classique :

- une plaque de substrat 1 ;
- un dépôt métallique, situé sur la face supérieure de la plaque de substrat 1 et définissant une pastille résonante 2 de forme rectangulaire (longueur a et largeur b) ;
- une ligne d'alimentation (ligne microruban) 3, alimentant la pastille résonante 2 par contact direct. La largeur b de la pastille 2 est très supérieure à la largeur de la ligne d'alimentation 3 ;
- un plan de masse 4, situé sur la face inférieure de la plaque de substrat 1.

Pour cette première antenne connue, le point d'excitation 6 de la pastille n'est pas en coin. Par conséquent, la pastille présente un unique mode fondamental. Les dimensions de la pastille sont de l'ordre d'une demi-longueur d'onde. Ceci entraîne une distribution non uniforme du champ électrique sous et autour de la pastille résonante 2. La figure 2 illustre un exemple d'une telle distribution non uniforme, pour un mode  $TM_{0,1}$ . Les deux points froids 5A, 5B de ce mode apparaissent clairement sur la figure.

La seconde antenne imprimée connue (cf. fig.3 et 4) se distingue de la première uniquement en ce que le point d'excitation 7 de la pastille 3 est ici en coin. Par conséquent, la pastille présente deux modes fondamentaux : mode 0,1 et mode 1,0. En effet, chacun des deux côtés de la pastille auxquels appartient le point d'excitation est associé à un mode fondamental distinct. La distribution non uniforme globale (cf. fig.4C) est obtenue par sommation des distributions non uniformes des deux modes fondamentaux (cf. fig.4A et 4B). Pour chaque mode fondamental, la pastille possède deux points froids distincts : 7A, 7B (cf. fig.4A) et 8A, 8B (cf. fig.4B). En outre, pour la superposition des deux modes fondamentaux, la pastille possède également deux points froids distincts : 9A, 9B (cf. fig.4C).

On présente maintenant, en relation avec les figures 5 à 12, plusieurs modes de réalisation particuliers d'une antenne imprimée selon la présente invention. On rappelle

que le principe général de l'invention consiste à ajouter, en au moins un point froid de la pastille 2, au moins un bras de réactance. Ce(s) bras de réactance permet(tent) de réduire le niveau de polarisation croisée et augmenter la bande passante de l'antenne.

Dans le premier mode de réalisation, illustré sur la figure 5, la pastille résonante n'est pas alimentée en coin (l'antenne est donc du même type que la première antenne connue, présentée ci-dessus en relation avec les figures 1 et 2). Au contraire, dans les second à huitième modes de réalisation, illustrés sur les figures 6 à 12 respectivement, la pastille résonante est alimentée en coin (l'antenne est donc du même type que la seconde antenne connue, présentée ci-dessus en relation avec les figures 3 et 4).

Dans le premier mode de réalisation (cf. fig.5), deux bras de réactance  $10_1$ ,  $10_2$  et  $10_3$ ,  $10_4$  s'étendent à partir de chaque point froid 5A, 5B pour l'unique mode fondamental. Chaque bras de réactance est un tronçon de ligne formé dans le dépôt métallique et qui s'étend vers l'extérieur de la pastille. Chaque bras de réactance présente une longueur sensiblement égale à  $\lambda/4$ , avec  $\lambda$  la longueur d'onde de fonctionnement. Dans un souci de compacité, chaque bras présente un coude 11.

Les bras de réactance présentent entre eux deux types de symétrie :

- une première symétrie par rapport à un premier axe 12 passant par les deux points froids 5A, 5B (et formant axe de symétrie pour la pastille). Ainsi, on peut distinguer deux premières paires de bras de réactance ( $10_1$ ,  $10_2$ ), ( $10_3$ ,  $10_4$ ) pour chacune desquelles existe cette première symétrie ;
- une seconde symétrie par rapport à un second axe 13 formant axe de symétrie pour la pastille et passant par le point d'excitation 6 de la pastille. Ainsi, on peut distinguer deux secondes paires de bras de réactance ( $10_1$ ,  $10_3$ ), ( $10_2$ ,  $10_4$ ) pour chacune desquelles existe cette seconde symétrie.

Dans le second mode de réalisation (cf. fig.6), deux bras de réactance  $14_1$ ,  $14_2$  et  $14_3$ ,  $14_4$  s'étendent à partir de chaque point froid 9A, 9B pour la superposition des deux modes fondamentaux. Les premier et second axes de symétrie sont ici référencés 15 et 16 respectivement. Les autres caractéristiques sont inchangées par rapport au premier mode de réalisation décrit ci-dessus.

Dans le troisième mode de réalisation (cf. fig.7), deux bras de réactance  $17_1$ ,  $17_2$  et  $17_3$ ,  $17_4$  s'étendent à partir de chaque point froid 7A, 7B pour le premier mode fondamental (mode 0,1).

5 Dans le quatrième mode de réalisation (cf. fig.8), deux bras de réactance  $18_1$ ,  $18_2$  et  $18_3$ ,  $18_4$  s'étendent à partir de chaque point froid 8A, 8B pour le second mode fondamental (mode 1,0).

Le cinquième mode de réalisation (cf. fig.9) est une variante du second mode de réalisation, dans laquelle les bras de réactance présentent une largeur plus importante.

10 Le sixième mode de réalisation (cf. fig.10) est une variante du second mode de réalisation, dans laquelle les bras de réactance ne présentent pas de coude.

Le septième mode de réalisation (cf. fig.11) est une variante du second mode de réalisation, dans laquelle les bras de réactance ne présentent pas de coude et sont dédoublés.

15 Le huitième mode de réalisation (cf. fig.12) est une variante du second mode de réalisation, dans laquelle les bras de réactance  $19_1$  à  $19_4$  sont des tronçons de fente formés dans le dépôt métallique et s'étendant vers l'intérieur de la pastille résonante 2.

Il est clair que de nombreux autres modes de réalisation de l'antenne imprimée selon la présente invention peuvent être envisagés. On peut notamment prévoir :

- d'autres formes de bras de réactance ;
- 20 - d'autre formes de pastilles (carrées, rondes, ...) ;
- d'autres types d'alimentation. On peut notamment remplacer la ligne à attaque directe par une sonde (par exemple coaxiale) à attaque directe, une ligne à couplage sans contact, une ligne à couplage sans contact coopérant avec une fente, ... ;
- 25 - etc.

D'une façon générale, afin d'obtenir un fonctionnement prédéterminé de l'antenne imprimée selon l'invention, on peut jouer lors de la conception de cette antenne sur divers paramètres, tels que notamment : la longueur et/ou la largeur et/ou la forme géométrique de chaque bras de réactance, le nombre de points froids à partir desquels  
30 s'étend au moins un bras de réactance, le nombre de bras de réactance s'étendant à partir de chaque point froid, etc.

On présente maintenant, en relation avec la figure 13, un mode de réalisation particulier d'un réseau d'antennes imprimées selon la présente invention.

Dans ce mode de réalisation particulier, le réseau comprend quatre antennes imprimées  $20_1$  à  $20_4$ . Chacune est alimentée en coin. Chacune comprend un bras de réactance coudé  $21_1$  à  $21_4$ , de longueur  $L1$  à  $L4$  respectivement, qui s'étend à partir d'un point froid pour l'un de ses deux modes fondamentaux (cf. le quatrième mode de réalisation, présenté ci-dessus en relation avec la figure 8).

On suppose que le point d'alimentation du réseau correspond au centre  $O$  du repère  $(O, Ox, Oy)$ . On suppose que, de façon classique (et indépendamment des bras de réactance), les pastilles du réseau présentent entre elles une double symétrie par rapport aux axes  $Ox$  et  $Oy$ . D'une façon générale, la direction principale 22 de rayonnement du réseau passe par  $O$  et est définie par le couple d'angle  $(\theta, \varphi)$ , avec  $\theta$  l'angle entre l'axe  $Oz$  et la direction principale de rayonnement 22, et  $\varphi$  l'angle entre l'axe  $Ox$  et la projection 23 dans le plan  $(Ox, Oy)$  de la direction principale de rayonnement 22.

On peut distinguer plusieurs cas selon la ou les éventuelles symétries que présentent entre eux les bras de réactance des antennes imprimées du réseau. On peut notamment distinguer les quatre cas suivants :

- si  $L1 = L2 = L3 = L4$  (double symétrie par rapport aux axes  $Ox$  et  $Oy$ ) : il n'y a pas de dépointage, le rayonnement du réseau s'effectue selon une direction principale confondue avec l'axe  $Oz$  (c'est-à-dire  $\theta = 0^\circ \text{ mod } \pi$ ) ;
- si  $L1 = L3, L2 = L4$  et  $L1 \neq L2$  (symétrie par rapport à l'axe  $Oy$ ) : il y a un dépointage simple, par rapport à l'axe  $Ox$  mais pas par rapport à l'axe  $Oy$  (c'est-à-dire  $\varphi = 90^\circ \text{ mod } \pi$  et  $\theta \neq 0^\circ \text{ mod } \pi$ ) ;
- si  $L1 = L2, L3 = L4$  et  $L1 \neq L3$  (symétrie par rapport à l'axe  $Ox$ ) : il y a un dépointage simple, par rapport à l'axe  $Oy$  mais pas par rapport à l'axe  $Ox$  (c'est-à-dire  $\varphi = 0^\circ \text{ mod } \pi$  et  $\theta \neq 0^\circ \text{ mod } \pi$ ) ;
- si  $L1 \neq L2 \neq L3$  (aucune symétrie) : il y a un double dépointage, par rapport à l'axe  $Oy$  et par rapport à l'axe  $Ox$  (c'est-à-dire  $\varphi \neq 0^\circ \text{ mod } \pi, \varphi \neq 90^\circ \text{ mod } \pi$  et  $\theta \neq 0^\circ \text{ mod } \pi$ ).

Il est clair que de nombreux autres modes de réalisation du réseau d'antennes imprimées selon la présente invention peuvent être envisagés. On peut notamment prévoir:

- un nombre plus élevé d'antennes imprimées au sein du réseau ;
- 5 - un nombre plus élevé de bras de réactance par antenne imprimée (un ou plusieurs bras à partir de un ou plusieurs points froids de chaque antenne);
- des bras de réactance s'étendant non pas dans le plan contenant la pastille résonante mais dans un plan incliné par rapport à celui-ci ;
- 10 - d'autres types d'antennes imprimées à bras de réactance selon l'invention (tels que notamment, mais non exclusivement, les huit modes de réalisation décrits ci-dessus, en relation avec les figures 5 à 12) ;
- etc.

**REVENDEICATIONS**

1. Antenne imprimée, du type comprenant :

- une plaque de substrat (1),
- un dépôt métallique, situé sur une face de ladite plaque de substrat et définissant une pastille résonante (2),
- un moyen d'alimentation (3), permettant d'alimenter ladite pastille résonante,

caractérisée en ce qu'elle comprend en outre :

- au moins un bras de réactance ( $10_1$  à  $10_4$  ;  $14_1$  à  $14_4$  ;  $17_1$  à  $17_4$  ;  $18_1$  à  $18_4$  ;  $19_1$  à  $19_4$  ;  $21_1$  à  $21_4$ ) s'étendant à partir d'un point froid (5A, 5B ; 7A, 7B ; 8A, 8B ; 9A, 9B) de ladite pastille résonante.

2. Antenne imprimée selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit moyen (3) d'alimentation n'alimente pas sensiblement "en coin" ladite pastille résonante (2), ladite pastille résonante présentant de ce fait un unique mode fondamental,

et en ce que ledit point froid (5A, 5B) à partir duquel s'étend ledit au moins un bras de réactance est un point froid pour ledit unique mode fondamental.

3. Antenne imprimée selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit moyen (3) d'alimentation alimente sensiblement "en coin" ladite pastille résonante (2), ladite pastille résonante présentant de ce fait au moins deux modes fondamentaux,

et en ce que ledit point froid (9A, 9B) à partir duquel s'étend ledit au moins un bras de réactance est un point froid pour la superposition desdits au moins deux modes fondamentaux.

4. Antenne imprimée selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit moyen (3) d'alimentation alimente sensiblement "en coin" ladite pastille résonante (2), ladite pastille résonante présentant de ce fait au moins deux modes fondamentaux,

et en ce que ledit point froid (7A, 7B ; 8A, 8B) à partir duquel s'étend ledit au moins un bras de réactance est un point froid pour l'un desdits modes fondamentaux.

5. Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que ledit au moins un bras de réactance est formé dans ledit dépôt métallique.

6. Antenne imprimée selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit au moins un bras de réactance est un tronçon de ligne ( $10_1$  à  $10_4$  ;  $14_1$  à  $14_4$  ;  $17_1$  à  $17_4$  ;  $18_1$  à  $18_4$  ;

21<sub>1</sub> à 21<sub>4</sub>) formé dans ledit dépôt métallique et s'étendant vers l'extérieur de ladite pastille résonante.

7. Antenne imprimée selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit au moins un bras de réactance est un tronçon de fente (19<sub>1</sub> à 19<sub>4</sub>) formé dans ledit dépôt métallique et s'étendant vers l'intérieur de ladite pastille résonante.

8. Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que ledit moyen d'alimentation appartient au groupe comprenant :

- les lignes à attaque directe (3) ;
- les sondes à attaque directe ;
- les lignes à couplage sans contact ;
- les lignes à couplage sans contact coopérant avec des fentes.

9. Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que, de façon à obtenir un fonctionnement prédéterminé de ladite antenne imprimée, on joue lors de la conception de ladite antenne sur au moins un paramètre appartenant au groupe comprenant :

- la longueur de chaque bras de réactance ;
- la largeur de chaque bras de réactance ;
- la forme géométrique de chaque bras de réactance ;
- la position de chaque bras de réactance ;
- le nombre de points froids à partir desquels s'étend au moins un bras de réactance ;
- le nombre de bras de réactance s'étendant à partir de chaque point froid.

10. Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que ledit au moins un bras de réactance présente une longueur sensiblement égale à  $\lambda/4$ , avec  $\lambda$  la longueur d'onde de fonctionnement.

11. Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que ledit au moins un bras de réactance présente au moins un coude (11).

12. Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que ladite pastille résonante possède au moins deux points froids,

en ce que ladite antenne comprend au moins une première paire de bras de réactance,



et en ce que les bras de réactance de ladite au moins une première paire de bras de réactance présentent sensiblement une symétrie par rapport à un premier axe, passant par lesdits au moins deux points froids.

5 **13.** Antenne imprimée selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que ladite pastille résonante possède au moins deux points froids,

en ce que ladite antenne comprend au moins une seconde paire de bras de réactance,

10 et en ce que les bras de réactance de ladite au moins une seconde paire de bras de réactance présentent sensiblement une symétrie par rapport à un second axe, formant axe de symétrie pour ladite pastille résonante et passant par un point d'excitation de ladite pastille résonante par ledit moyen d'alimentation.

**14.** Réseau d'antennes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux antennes imprimées selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

15 **15.** Réseau d'antennes selon la revendication 14, caractérisé en ce que chacune desdites antennes comprend un même jeu d'au moins un bras de réactance, de façon à maximiser un rayonnement dudit réseau d'antennes dans une direction principale prédéterminée.

**16.** Réseau d'antennes selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une première paire d'antennes et au moins une seconde paire d'antennes,

20 en ce que les bras de réactance des antennes de ladite au moins une première paire d'antennes présentent entre eux sensiblement une symétrie par rapport à un troisième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes et passant par un point d'alimentation dudit réseau d'antennes,

25 et en ce que les bras de réactance des antennes de ladite au moins une seconde paire d'antennes présentent entre eux sensiblement une symétrie par rapport à un quatrième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes, perpendiculaire audit troisième axe et passant par ledit point d'alimentation dudit réseau d'antennes.

30 **17.** Réseau d'antennes selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'au moins deux desdites antennes comprennent chacune un jeu distinct d'au moins un bras de réactance, de façon à induire un dépointage du rayonnement dudit réseau d'antennes par rapport à une direction principale prédéterminée.

18. Réseau d'antennes selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une première paire d'antennes,

5 et en ce que les bras de réactance des antennes de ladite au moins une première paire d'antennes ne présentent pas entre eux une symétrie par rapport à un troisième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes et passant par un point d'alimentation dudit réseau d'antennes, de façon que ledit dépointage s'effectue autour dudit troisième axe.

19. Réseau d'antennes selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une seconde paire d'antennes,

10 et en ce que les bras de réactance des antennes de ladite au moins une seconde paire d'antennes ne présentent pas entre eux une symétrie par rapport à un quatrième axe, formant axe de symétrie pour ledit réseau d'antennes, perpendiculaire audit troisième axe et passant par ledit point d'alimentation dudit réseau d'antennes, de façon que ledit dépointage s'effectue également autour dudit quatrième axe.

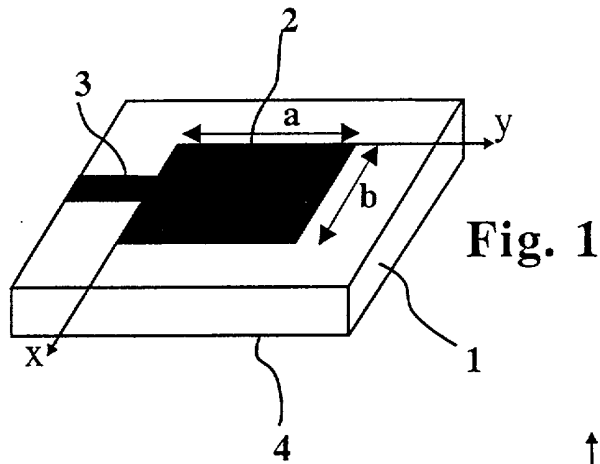


Fig. 1

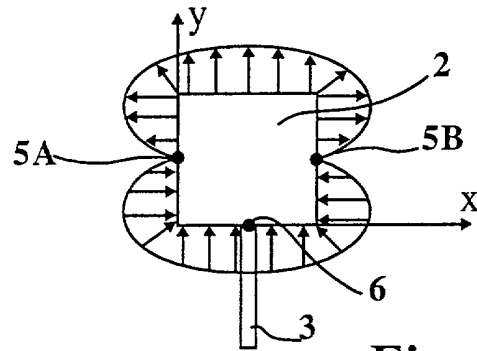


Fig. 2

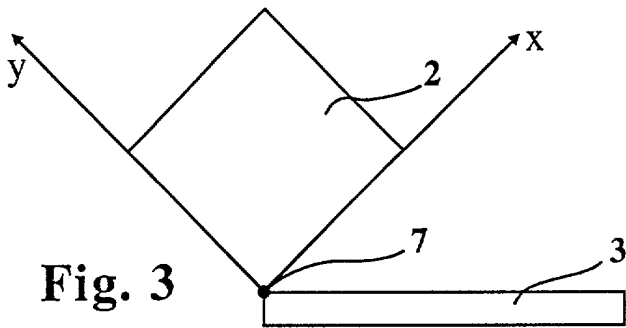


Fig. 3

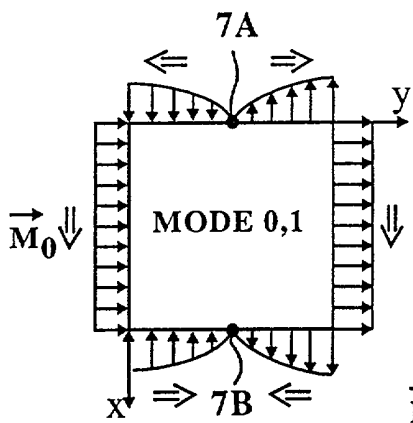


Fig. 4A

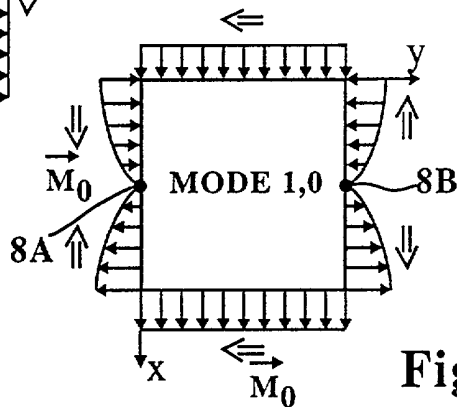


Fig. 4B

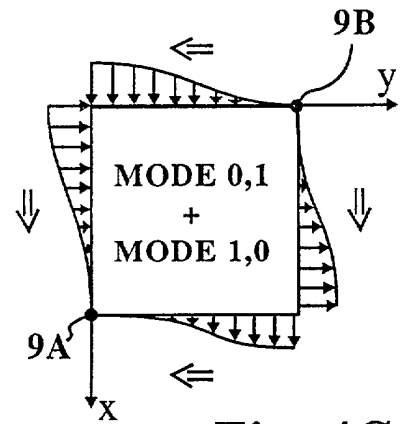


Fig. 4C

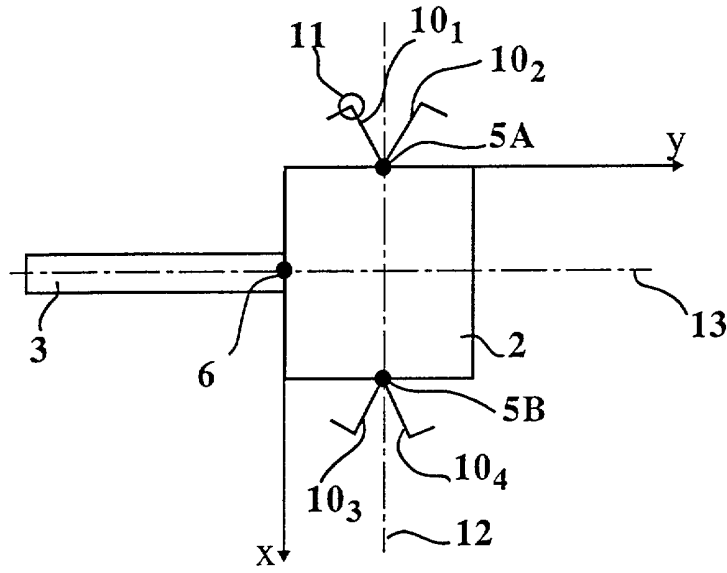


Fig. 5

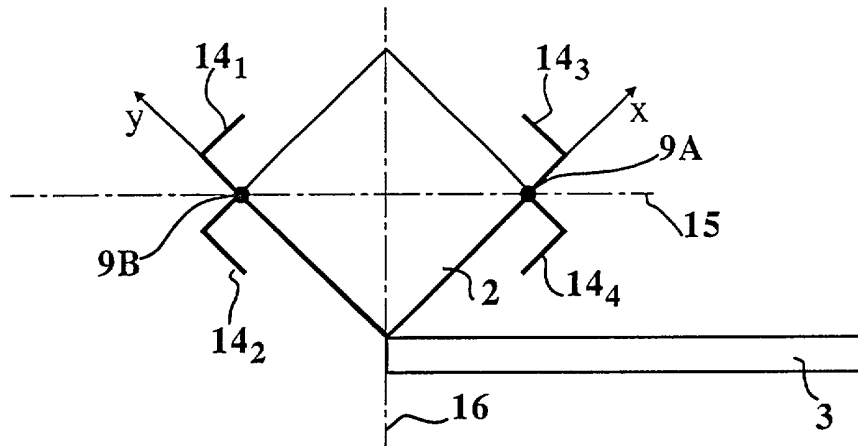


Fig. 6

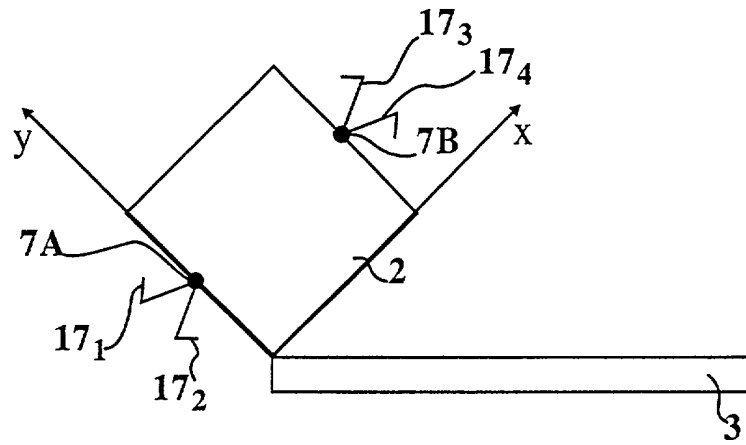


Fig. 7

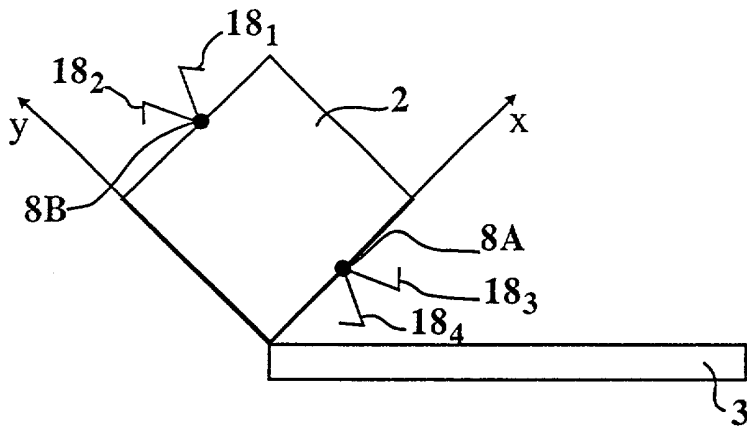


Fig. 8

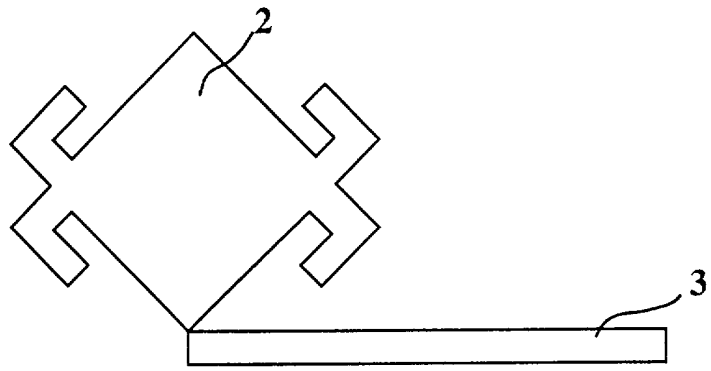


Fig. 9

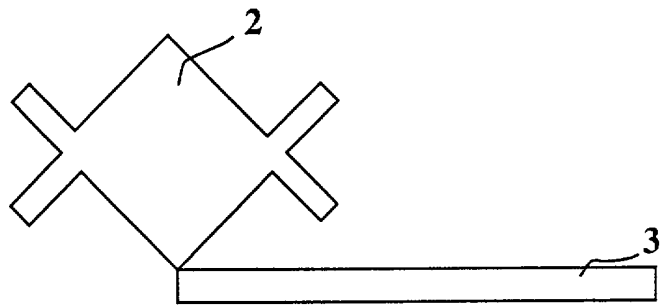


Fig. 10

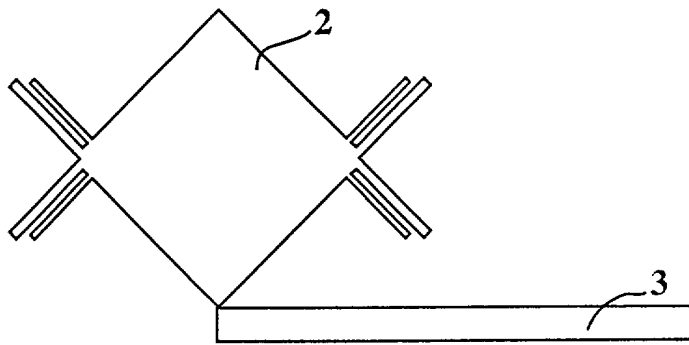


Fig. 11

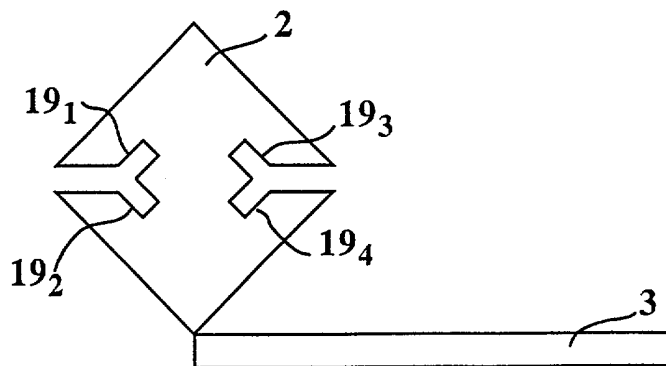


Fig. 12

5/5

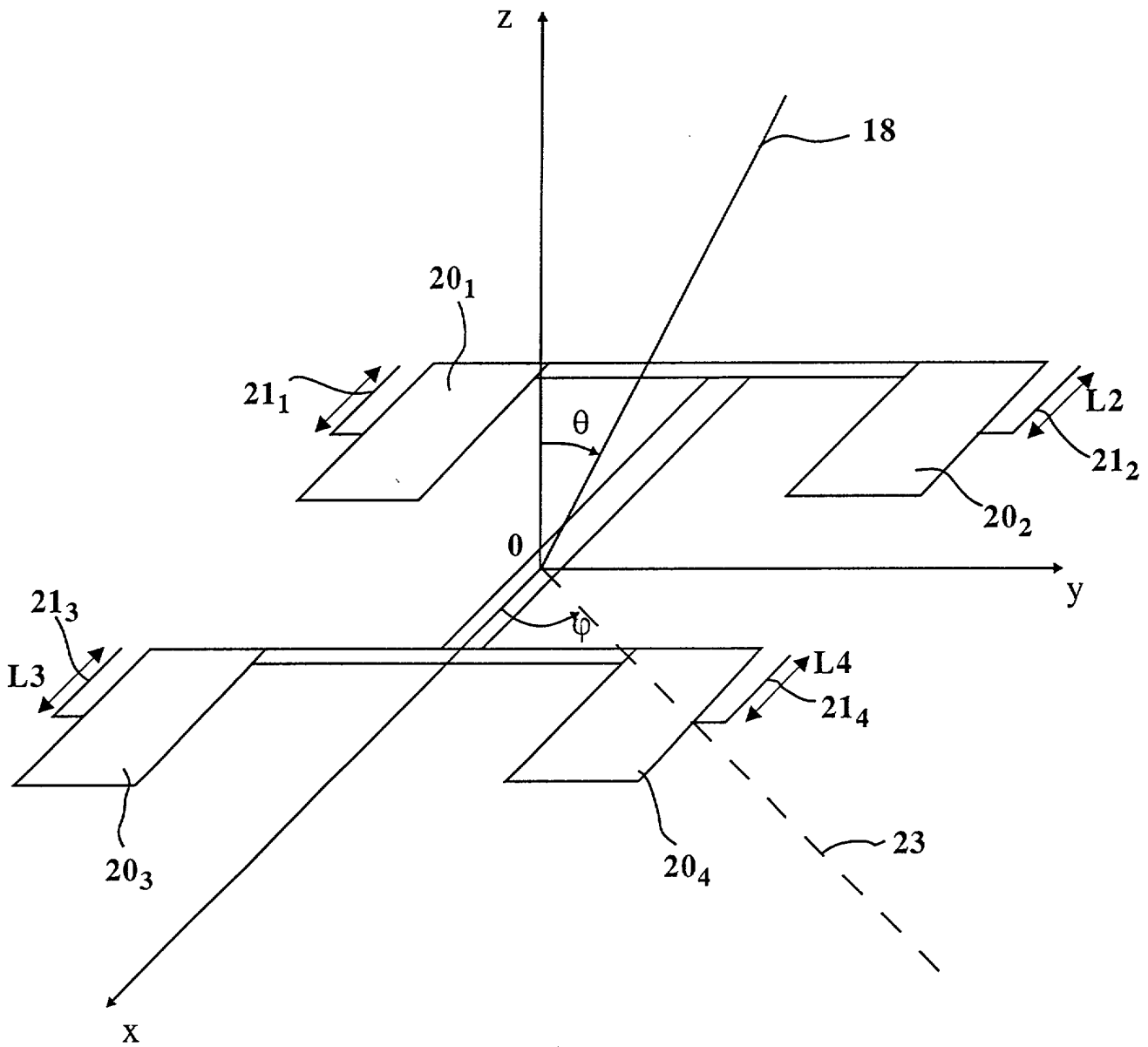


Fig. 13

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 580996  
FR 9912935

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	DANIEL A E ; KUMAR G: "Rectangular microstrip antennas with stub along the non-radiating edge for dual band operation" IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1995 DIGEST, vol. 4, 1995, pages 2136-2139, XP002139355 Newport Beach, CA, USA * le document en entier *	1,2,5,6, 8-11,14
A	-----	12,13, 15-19
A	DANIEL J P ; HIMDI M ; THOUROUDE D : "Printed antenna arrays: examples of commercial applications" 1998 IEEE-APS CONFERENCE ON ANTENNAS AND PROPAGATION FOR WIRELESS COMMUNICATIONS, 1 - 4 novembre 1998, pages 105-108, XP002139356 Waltham, MA, USA * le document en entier *	1,3,4,8, 14,15
A	US 5 241 321 A (TSAO CHICH-HSING A) 31 août 1993 (1993-08-31) * colonne 4, ligne 8-46 * * colonne 6, ligne 63 - colonne 7, ligne 54 * * colonne 9, ligne 24-29; figures 1-7 *	1,5-9,14
A	HASKINS P M ET AL: "ACTIVE POLARIZATION-AGILE MICROSTRIP ANTENNAS" IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM, US, NEW YORK, NY: IEEE, 1997, pages 10-13, XP000788386 ISBN: 0-7803-4179-1 * le document en entier *	1,3,4
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
5 juin 2000		Ribbe, J
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)

DOMAINES TECHNIQUES  
RECHERCHES (Int.CL.7)

H01Q