

(19)



(11)

**EP 1 690 317 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**21.11.2012 Bulletin 2012/47**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 5/00** <sup>(2006.01)</sup> **H01Q 1/52** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01Q 21/08** <sup>(2006.01)</sup> **H01Q 21/26** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01Q 1/24** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **04805601.4**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR2004/003079**

(22) Date de dépôt: **01.12.2004**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2005/055362 (16.06.2005 Gazette 2005/24)**

(54) **ANTENNE EN RESEAU MULTI-BANDE A DOUBLE POLARISATION**

DOPPELT-POLARISIERTE MEHRBAND-GRUPPENANTENNE

MULTIBAND DUAL-POLARISED ARRAY ANTENNA

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(74) Mandataire: **Plaçais, Jean Yves**  
**Cabinet Netter**  
**36, avenue Hoche**  
**75008 Paris (FR)**

(30) Priorité: **01.12.2003 FR 0314081**  
**03.06.2004 FR 0406016**

(56) Documents cités:  
**WO-A-02/084790 FR-A- 2 840 455**  
**US-A- 5 977 929 US-A- 6 028 563**  
**US-A1- 2002 140 618 US-A1- 2002 163 477**  
**US-B1- 6 211 841**

(43) Date de publication de la demande:  
**16.08.2006 Bulletin 2006/33**

(73) Titulaire: **ITAS**  
**ITAS International Telecommunications and**  
**Services**  
**28260 Anet (FR)**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 10, 31 août 1998 (1998-08-31) & JP 10 126150 A (NEC ENG LTD), 15 mai 1998 (1998-05-15)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 04, 31 août 2000 (2000-08-31) & JP 2000 013136 A (NTT MOBIL COMMUNICATION NETWORK INC), 14 janvier 2000 (2000-01-14)**

(72) Inventeur: **JELLOUL, Mostafa**  
**F-91370 Verrières-le-Buisson (FR)**

**EP 1 690 317 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** La présente invention concerne les antennes en réseau multi-bandes utilisables notamment dans des stations de base des réseaux de radiocommunication cellulaires.

**[0002]** Les systèmes de communications mobiles existants comprennent d'une part des systèmes de deuxième génération tels que les systèmes GSM900, GSM1800 et DCS 1800 et d'autre part de nouveaux systèmes de troisième génération tels que les systèmes UMTS. Pour pouvoir exploiter ces nouveaux systèmes de troisième génération, des réseaux cellulaires compatibles avec les systèmes de deuxième génération et avec les nouveaux systèmes de troisième génération sont requis. Pour cela, les opérateurs réalisent généralement la migration des réseaux cellulaires existants qui étaient prévus uniquement pour les systèmes de deuxième génération vers des réseaux compatibles à la fois avec les systèmes de deuxième génération et avec les systèmes de troisième génération.

**[0003]** Les fournisseurs d'antennes de station de base doivent alors remplacer les antennes de deuxième génération existantes, par exemple GSM et/ou DCS, par des antennes multi-bandes de nouvelle génération, par exemple des antennes bi-bandes GSM/UMTS et tri-bande GSM/DCS/UMTS.

**[0004]** Ces antennes sont constituées à partir d'une antenne en réseau comprenant plusieurs ensembles d'éléments rayonnants fonctionnant chacun dans une bande de fréquences distincte.

**[0005]** US 6,211,841 propose une telle antenne en réseau multi-bande. L'antenne en réseau comporte un premier ensemble d'éléments rayonnants fonctionnant dans une première bande de fréquences de longueur d'onde centrale  $\lambda_1$ , un deuxième ensemble d'éléments rayonnants fonctionnant dans une deuxième bande de fréquences de longueur d'onde centrale  $\lambda_2$  et un plan de masse. Le premier ensemble d'éléments rayonnants est agencé en deux colonnes espacées l'une de l'autre d'une distance inférieure à  $\lambda_1$ . Les éléments rayonnants du premier et du deuxième ensemble sont intercalés, et les éléments rayonnants du deuxième ensemble sont distants entre eux de moins de  $\lambda$ , le rapport  $\lambda_2$  sur  $\lambda_1$  étant compris entre 0.25 et 0.75. Le deuxième ensemble d'éléments rayonnants est agencé en deux colonnes espacées l'une de l'autre d'une distance inférieure à  $\lambda_2$ , qui sont interposées entre les deux colonnes du premier ensemble d'éléments rayonnants.

**[0006]** WO 02/084790 propose également une antenne en réseau capable de fonctionner simultanément dans deux bandes de fréquences différentes, en double polarisation. Les deux bandes sont centrées respectivement autour d'une fréquence basse  $f_1$  et d'une fréquence haute  $f_2$ , avec un rapport  $f_2/f_1$  inférieur à 1,5. L'antenne en réseau comporte une première rangée d'éléments d'antenne bipolaires alignés suivant un premier axe vertical, et fonctionnant à la haute fréquence  $f_2$ . L'antenne

en réseau comporte en outre une deuxième rangée d'éléments d'antenne bipolaires alignés suivant un deuxième axe vertical, et fonctionnant à la basse fréquence  $f_1$ . Le pas entre les éléments de la deuxième rangée est le même que celui de la première rangée et le deuxième axe vertical est pratiquement parallèle au premier axe. Les éléments de la première rangée sont décalés par rapport aux éléments de la deuxième rangée, suivant la direction verticale et les deux rangées sont espacées l'une de l'autre.

**[0007]** US-A1-2002/0140618 divulgue une antenne selon le préambule de la revendication 1.

**[0008]** Pour que de telles antennes en réseau fonctionnent en tri-bande, il est nécessaire de leur ajouter des duplexeurs permettant de séparer les différentes bandes de fréquences. En outre, le découplage entre les différentes polarisations d'une même bande de fréquences ou de bandes de fréquences différentes n'est pas optimisé.

**[0009]** L'invention vient améliorer la situation.

**[0010]** A cet effet, l'invention propose une antenne en réseau, comprenant un plan de masse, ou réflecteur, sur lequel est monté au moins:

- une première rangée d'éléments rayonnants capable de fonctionner dans une première bande de fréquences et
- une deuxième rangée d'éléments rayonnants, adjacente et parallèle à la première rangée, et capable de fonctionner dans une deuxième bande de fréquences, la première rangée et la deuxième rangées étant agencées pour former un ensemble de cellules élémentaires. Avantagusement, chaque cellule élémentaire comprend un élément rayonnant de la deuxième rangée et deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée, l'élément rayonnant de la deuxième rangée étant agencé pour voir les deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée symétriquement et sous un angle droit, tandis que chaque élément rayonnant de la première et de la deuxième rangée comprend deux dipôles croisés agencés pour fonctionner en large bande et en double polarisation.

**[0011]** Selon l'invention, une troisième rangée d'éléments rayonnants est en outre montée sur le plan de masse, parallèlement à la première et à la deuxième rangée, la troisième rangée étant capable de fonctionner dans une troisième bande de fréquences et disposée de sorte que la deuxième rangée soit interposée à égale distance entre la première rangée et la troisième rangée, tandis que chaque cellule élémentaire comprend en outre deux éléments rayonnants de la troisième rangée, l'élément rayonnant de la deuxième rangée étant agencé pour voir les deux éléments rayonnants adjacents de la troisième rangée symétriquement et sous un angle droit.

**[0012]** Chaque élément rayonnant de la troisième rangée peut comprendre deux dipôles croisés agencés pour

fonctionner en large bande et en double polarisation.

**[0013]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description détaillée ci-après, faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels:

- les figures 1A à 1C représentent diverses configurations d'antennes en réseau multi-bande,
- la figure 2A est une vue schématique de dessus d'une cellule élémentaire de l'antenne en réseau selon un premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2B est une vue schématique de dessus d'un élément rayonnant propre à être utilisé dans la première, dans la deuxième et dans la troisième rangée, selon le premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 est une vue schématique de dessus de deux cellules élémentaires adjacentes de l'antenne en réseau selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 4 est une vue schématique de dessus d'une cellule élémentaire de l'antenne en réseau selon un troisième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 5 est une vue en coupe transversale d'une cellule élémentaire conforme à l'invention,
- la figure 6 est une vue schématique de dessus de l'ensemble de l'antenne en réseau selon le deuxième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 7 est une vue schématique de dessus d'un élément rayonnant propre à être utilisé dans la première rangée et dans la troisième rangée, selon le deuxième ou le troisième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 8 est une vue schématique de dessus d'un élément rayonnant propre à être utilisé dans la deuxième rangée, selon le troisième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 9 est une vue schématique de dessus d'une cellule élémentaire d'une antenne en réseau bi-bande, non-conforme à l'invention,
- les figures 10 et 11 sont des vues schématiques de face d'exemples de cloisons transversales principales,
- la figure 12 est une vue schématique de dessus d'un élément rayonnant propre à être utilisé dans la deuxième rangée, selon une autre forme de réalisation de l'invention,
- la figure 13 est une variante de réalisation de l'élément rayonnant de la figure 2,
- la figure 14 est une représentation schématique des diagrammes de rayonnement dans le plan horizontal d'une antenne à polarisations linéaires doubles et orthogonales, et
- la figure 15 représente une variante de réalisation d'une cellule élémentaire d'une antenne en réseau conforme à l'invention.

**[0014]** Les dessins contiennent, pour l'essentiel, des éléments de caractère certain. Ils pourront donc non seu-

lement servir à mieux faire comprendre la description, mais aussi contribuer à la définition de l'invention, le cas échéant.

**[0015]** La figure 1C représente une configuration en « rangées côte à côte » d'une antenne en réseau multi-bande, en particulier d'un réseau tri-bande, voir par exemple US-A1-2002/ 0140618.

**[0016]** L'antenne en réseau multi-bande 1 comporte trois rangées d'éléments rayonnants mono-bandes indépendantes 10, 20 et 30 disposées côte-à-côte, parallèles, et orientées suivant la direction de l'axe longitudinal AA', qui est généralement vertical par rapport au sol. La première rangée d'éléments rayonnants 10 fonctionne dans une première bande de fréquences, en particulier dans la bande de fréquences DCS ([1710MHz, 1880MHz]). La troisième rangée d'éléments rayonnants 30 fonctionne dans une troisième bande de fréquences, en particulier dans la bande de fréquences UMTS ([1920MHz, 2170MHz]). La deuxième rangée d'éléments rayonnants 20 fonctionne dans une deuxième bande de fréquences, généralement plus basse que la première et la troisième bande de fréquences, en particulier dans la bande de fréquences GSM ([870MHz, 960MHz]). Elle est interposée entre la première et la troisième rangée.

**[0017]** Ces trois rangées sont agencées sur un même plan de masse conducteur ou réflecteur 4.

**[0018]** La figure 1 A représente une configuration en "rangées imbriquées" dans laquelle la première rangée 10' et la troisième rangée 30' sont mixtes: dans chacune de ces rangées, un élément rayonnant DCS de la première bande de fréquences est suivi d'un élément rayonnant UMTS de la troisième bande de fréquences. La deuxième rangée 20' d'éléments rayonnant GSM de la deuxième bande de fréquences est interposée entre la première et la troisième rangée. Cette configuration présente l'inconvénient de nécessiter un espacement réduit entre un élément rayonnant de la première rangée 10'A et l'élément en vis-à-vis de la troisième rangée 30'A et entre un élément rayonnant de la première rangée 10'A et l'élément rayonnant de la même bande de fréquences le plus proche dans la troisième rangée 30'B. Cet espacement réduit doit être en effet typiquement inférieur à  $0.33\lambda$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde dans la première ou dans la troisième bande de fréquences, et ne permet donc pratiquement pas d'interposer des éléments rayonnants bipolarisés, comme par exemple des dipôles croisés de type demi-ondes.

**[0019]** La figure 1B représente une configuration en "rangées superposées" dans laquelle les trois rangées sont superposées suivant une direction longitudinale AA' de sorte que des éléments rayonnants UMTS de la troisième rangée 30" et des éléments rayonnants GSM de la deuxième rangée 20" soient superposés sur une première partie 100, par exemple l'élément 30"A et l'élément 20"B, et que des éléments rayonnants DCS de la première rangée 10" et des éléments rayonnants GSM de la deuxième rangée 20" soient superposés sur une deuxième partie 200, par exemple l'élément 10"A et l'élé-

ment 20"A. Cette configuration présente l'inconvénient de nécessiter une hauteur d'antenne trop importante, notamment pour une antenne tri-bande pour laquelle le nombre d'éléments rayonnants DCS et UMTS requis est supérieur au nombre d'éléments rayonnants GSM. Par exemple pour une antenne tri-bande ayant 9 éléments GSM, 9 éléments DCS et 9 éléments UMTS, la hauteur de l'antenne serait typiquement autour de 2600 mm, qui est la limite supérieure généralement tolérée par les opérateurs de télécommunications mobiles. En revanche si le nombre d'éléments UMTS et DCS doit passer à 12 pour une plus grande directivité dans ces bandes de fréquences, la hauteur de l'antenne passerait à 3600mm.

**[0020]** Ainsi la configuration en "rangées côte-à-côte" de la figure 1C est préférable aux configurations en "rangées imbriquées" ou en "rangées superposées" car elle n'est soumise ni à la contrainte d'espacement réduit entre les éléments rayonnants, ni à la contrainte de hauteur d'antenne importante. Elle offre la possibilité de moduler facilement le nombre d'éléments rayonnants en fonction du besoin en directivité d'antenne dans chacune des bandes de fréquence, indépendamment des autres bandes de fréquence. En outre elle offre l'avantage décisif de permettre le dépointage indépendant de chaque faisceau formé dans le plan vertical par chacun des réseaux (ou rangées) composant l'antenne multi-bande. Ce dépointage de faisceau (ou "tilt" en anglais) d'un réseau donné est en effet obtenu par un moyen électrique qui consiste à créer un déphasage constant entre les éléments rayonnants successifs de ce réseau, évitant ainsi une inclinaison mécanique d'ensemble de l'antenne multi-bande.

**[0021]** L'antenne en réseau multi-bande conforme à l'invention est basée sur une configuration en "rangées côte-à-côte". Toutefois, dans des réalisations classiques basées sur cette configuration en "rangées côte-à-côte", on observe souvent un phénomène de strabisme ("Squint effect") des diagrammes de rayonnement dans le plan horizontal (plan transversal au réflecteur) lié à l'absence de symétrie de la structure des réseaux. Ce phénomène se manifeste par des diagrammes de rayonnement horizontaux non symétriques. Par ailleurs, dans des antennes multi-bande en réseau classiques qui ont une configuration en « rangées côte à côte », on peut également rencontrer un problème de couplage mutuel fort entre les voies orthogonales de polarisation d'une même rangée d'une antenne multi-bande, dit couplage intra-bande et/ou entre les différentes rangées d'une antenne multi-bande, dit couplage inter-bande.

**[0022]** Ces découplages sont couramment de l'ordre de 20dB et généralement inférieurs à 25dB, alors que dans beaucoup d'applications, notamment dans les Télécommunications avec les mobiles, il est requis d'avoir au moins 30dB.

**[0023]** L'invention propose d'améliorer le découplage entre les voies orthogonales de polarisation de la première rangée (DCS), de la deuxième rangée (GSM) et de la troisième rangée (UMTS), ainsi que la symétrie des

diagrammes de rayonnement de l'antenne.

**[0024]** L'antenne en réseau multi-bande conforme à l'invention comporte un ensemble de cellules élémentaires, alignées suivant la direction de l'axe longitudinal AA', et correspondant à un agencement choisi des trois rangées d'éléments rayonnants 10, 20 et 30 de la figure 1C. Les axes respectifs de la première, deuxième et troisième rangée sont parallèles à l'axe longitudinal AA'.

**[0025]** La figure 2A est une vue de dessus d'une cellule élémentaire 5 de l'antenne en réseau 1, selon un premier mode de réalisation de l'invention. Chaque cellule élémentaire d'une antenne en réseau multi-bande conforme à l'invention comprend un élément rayonnant de la deuxième rangée 20C et deux éléments rayonnants 10A et 10B de la première rangée. L'élément rayonnant de la deuxième rangée 20C voit ainsi les éléments rayonnants 10A et 10B de la première rangée symétriquement et sous un angle droit. Les éléments rayonnants de la première rangée 10 et de la deuxième rangée 20 sont des dipôles croisés à large bande et à double polarisation.

**[0026]** Chaque cellule élémentaire d'une antenne en réseau multi-bande conforme à l'invention comprend en outre deux éléments rayonnants 30A et 30B de la troisième rangée. L'élément rayonnant de la deuxième rangée 20C voit également les éléments rayonnants 30A et 30B de la troisième rangée symétriquement et sous un angle droit.

**[0027]** La suite de la description sera faite tout d'abord en référence à une antenne en réseau tri-bande.

**[0028]** Comme indiqué ci-dessus, la première rangée d'éléments rayonnants 10 fonctionne dans une première bande de fréquences, notamment dans la bande de fréquences DCS ([1710MHz, 1880MHz]), la troisième rangée d'éléments rayonnants 30 fonctionne dans une troisième bande de fréquences, notamment dans la bande de fréquences UMTS ([1920MHz, 2170MHz]) et la deuxième rangée d'éléments rayonnants 20 fonctionne dans une deuxième bande de fréquences, généralement plus basse que la première et la troisième bande de fréquences, notamment dans la bande de fréquences GSM ([870MHz, 960MHz]).

**[0029]** La bande de fréquences de la première rangée 10 peut être sensiblement supérieure à la bande de fréquences de la deuxième rangée 20.

**[0030]** La bande de fréquences de la troisième rangée 30 peut être sensiblement supérieure à la bande de fréquences de la deuxième rangée 20.

**[0031]** En particulier, le rapport entre la fréquence centrale de la bande de fréquences de la première rangée 10 et la fréquence centrale de la bande de fréquence de la deuxième rangée 20 est sensiblement compris entre 1,5 et 2,5.

**[0032]** De même, le rapport entre la fréquence centrale de la bande de fréquences de la troisième rangée 30 et la fréquence centrale de la bande de fréquences de la deuxième rangée 20 peut être sensiblement compris entre 1,5 et 2,5.

**[0033]** Dans la suite de la description, il sera fait référence aux bandes de fréquences DCS, UTMS et GSM, à titre d'exemple non limitatif.

**[0034]** La figure 2A fait apparaître un contour carré "virtuel" 9 en pointillés, délimitant la cellule élémentaire 5. Aux sommets du carré virtuel S1, S2, S3 et S4 sont disposés les deux éléments rayonnants 10A et 10B de la première rangée et les deux éléments rayonnants de la troisième rangée 30A et 30B. Par ailleurs, l'élément rayonnant de la deuxième rangée 20C est agencé au centre du carré virtuel. Chaque élément rayonnant de la troisième rangée comprend également deux dipôles croisés agencés pour fonctionner en large bande et en double polarisation.

**[0035]** La deuxième rangée 20 est interposée à égale distance de la première rangée 10 et de la troisième rangée 30.

**[0036]** Les éléments rayonnants de la première rangée et les éléments de la troisième rangée peuvent être du même type et en particulier identiques.

**[0037]** Dans l'exemple de la figure 2A, chacun des éléments rayonnants de la première, deuxième et troisième rangée 10A, 10B, 30A, 30B et 20C est du type dipôle croisé demi-onde classique disposé au-dessus du réflecteur à une hauteur de l'ordre du quart d'onde. Un tel élément rayonnant à double polarisation est représenté sur la figure 2B. L'élément rayonnant comprend deux dipôles rayonnants 6 et 7 constitués chacun par deux brins de conducteurs colinéaires 6a-6b et 7a-7b. Les deux brins 6a-6b (respectivement 7a-7b) de chaque paire sont alignés sur un même axe d'alignement  $\Delta$  ( $\Delta'$ ) et les axes d'alignement des deux paires de brins se coupent à angle droit en un point de croisement 0. Les axes d'alignement des deux paires de brins correspondent aux deux voies orthogonales de polarisation décalées d'un angle de  $\pm 45^\circ$  par rapport à l'axe longitudinal AA'. L'élément rayonnant comprend en outre un dispositif classique d'alimentation des dipôles 6 et 7 du type symétriseur.

**[0038]** Dans la cellule représentée sur la figure 2A, l'élément rayonnant de la deuxième rangée 20C a des dimensions physiques supérieures à celles des éléments rayonnants de la première rangée 10A et 10B. Ces dimensions sont liées à la longueur d'onde dans la bande de fréquences de fonctionnement de la deuxième rangée 20. Les éléments rayonnants de la troisième rangée 30A et 30B ont des dimensions sensiblement égales à celles des éléments rayonnants de la première rangée 10A et 10B. De plus, chaque élément rayonnant est disposé de sorte que les axes d'alignement  $\Delta$  ( $\Delta'$ ) respectifs des deux paires de brins soient orientés de  $45^\circ$  par rapport à l'axe longitudinal AA'. En outre, les brins de l'élément rayonnant central de la deuxième rangée 20C peuvent se prolonger au-dessus des autres éléments rayonnants de la cellule 10A, 10B, 30A et 30B.

**[0039]** En particulier, le pas P 1 entre deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée 10, par exemple entre les éléments 10A et 10B, est sensiblement le même que le pas P3 entre deux éléments rayonnants

adjacents de la troisième rangée 30, par exemple entre les éléments 30A et 30B.

**[0040]** Par ailleurs, la disposition de la première rangée 10 (DCS) et de la troisième rangée 30 (UMTS) par rapport à la deuxième rangée centrale 20 (GSM), ainsi que l'espacement transversal Q entre la première rangée et la troisième rangée 10 et 30 ont une grande influence sur le découplage entre ces deux rangées d'éléments rayonnants d'une part et entre les deux polarisations orthogonales d'une même rangée d'autre part, en particulier entre les polarisations orthogonales des éléments rayonnants de la deuxième rangée 20.

**[0041]** L'espacement Q est de préférence de l'ordre d'une longueur d'onde dans les bandes de fréquences de fonctionnement des deux rangées latérales 10 et 30 (rangées DCS et UMTS), afin de favoriser le découplage entre ces deux rangées. Par exemple, l'espacement Q peut être de 155mm si l'on considère la longueur d'onde moyenne de la bande complète [1710MHz, 2170MHz].

**[0042]** En particulier, l'espacement Q entre la première rangée (DCS) et la troisième rangée (UMTS), peut être sensiblement égal au pas P1 entre deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée 10, qui peut être lui-même égal au pas P3 entre deux éléments rayonnants adjacents de la troisième rangée 30.

**[0043]** Cette disposition symétrique, de même que la proximité des éléments rayonnants DCS de la première rangée 10 et/ou UMTS de la troisième rangée 30 par rapport aux éléments GSM de la deuxième rangée 20 les plus proches ont pour effet d'améliorer significativement le découplage entre les deux polarisations orthogonales d'une même rangée.

**[0044]** La cellule élémentaire représentée sur la figure 2A, présente en effet une symétrie par rapport à l'élément rayonnant GSM de la deuxième rangée 20C. Les deux diagonales du carré virtuel 9 au centre duquel est disposé l'élément rayonnant GSM coïncident en effet avec les deux axes d'alignement  $\Delta$  et  $\Delta'$  des paires de brins orthogonaux 6 et 7 (polarisations orthogonales) de l'élément rayonnant GSM. Il en est de même avec les deux axes d'alignement des polarisations orthogonales des éléments DCS de la première rangée 10A, 10B et des UMTS de la troisième rangée 30A, 30B.

**[0045]** Le fait que le pas P1 de la première rangée 10 (réseau DCS) soit sensiblement égal au pas P3 de la troisième rangée 30 (réseau UMTS) mais aussi à l'espacement transversal Q, améliore encore la symétrie.

**[0046]** Cette symétrie de la cellule élémentaire permet d'obtenir un découplage entre les deux polarisations orthogonales de l'élément rayonnant GSM de la deuxième rangée qui correspond pratiquement au découplage qu'aurait l'élément rayonnant GSM s'il était isolé. Un découplage supérieur à 30dB peut être observé dans la bande de fréquences GSM. De même un découplage supérieur à 30dB peut être observé entre les deux polarisations orthogonales des éléments rayonnants de la première rangée 10 dans la bande DCS, et un découplage supérieur à 29dB peut être observé entre les deux

polarisations orthogonales des éléments rayonnants de la troisième rangée 30 dans la bande UMTS. En outre le découplage entre les éléments rayonnants DCS de la première rangée et UMTS de la troisième rangée peut être supérieur à 28dB dans la bande DCS et supérieur à 30dB dans la bande UMTS, toutes polarisations confondues (voies de polarisation parallèles et orthogonales). En outre pour la structure de la figure 2A, les largeurs à mi-puissance des diagrammes de rayonnement horizontaux sont observées autour de 90° dans la bande GSM et autour de 65° dans les bandes DCS et UMTS.

**[0047]** En complément, le rapport entre le pas P2 entre deux éléments rayonnants adjacents de la deuxième rangée GSM et le pas P1 entre deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée DCS est sensiblement compris entre 1,5 et 2,5, notamment lorsque la bande de fréquence de la deuxième rangée est sensiblement inférieure à celle de la première et de la troisième rangée. Dans la suite de la description, on considérera que le pas P2 entre les éléments rayonnants GSM de la deuxième rangée 20 est sensiblement le double du pas P1 entre deux éléments adjacents DCS de la première rangée 10, à titre d'exemple non limitatif.

**[0048]** Le pas P2 peut être notamment choisi entre 260mm et 310mm. Par exemple, le pas P2 peut être choisi égal à 310mm, et les pas P1 et P3 à 155 mm.

**[0049]** Par ailleurs, il est souvent requis que l'ouverture à mi-puissance des diagrammes de rayonnement, dans le plan qui est transverse au réflecteur et perpendiculaire à l'axe longitudinal AA' de l'antenne en réseau (désigné ci-après par "plan horizontal"), se situe autour de 65°. La Demanderesse a observé que la surface et la forme des brins rayonnants des éléments DCS de la première rangée et des éléments rayonnants UMTS de la troisième rangée ont un effet sur la directivité des diagrammes de rayonnement de l'élément central GSM de la deuxième rangée, et en particulier sur la largeur à mi-puissance des diagrammes dans le plan horizontal. Par conséquent, les éléments rayonnants DCS et UMTS peuvent être choisis en fonction de l'ouverture désirée des diagrammes de rayonnement de l'élément central GSM dans le plan horizontal.

**[0050]** La figure 3 est une vue de dessus de deux cellules élémentaires 51 et 52 successives de l'antenne en réseau multi-bande, selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

**[0051]** Les éléments rayonnants DCS de la première rangée 10 sont identiques aux éléments rayonnants UMTS de la troisième rangée 30. Les éléments rayonnants GSM de la deuxième rangée 20 sont encore du type dipôle croisé demi-onde comme dans la figure 2A.

**[0052]** Chaque cellule 51 (respectivement 52) comporte un élément rayonnant 20C (respectivement 20E) de la deuxième rangée 20 (GSM), disposé au centre d'un carré virtuel aux sommets duquel sont placés deux éléments rayonnants 10A et 10B (respectivement 10C et 10D) de la première rangée 10 (DCS) et deux éléments rayonnants 30A et 30B (respectivement 30C et 30D) de

la troisième rangée 30 (UMTS).

**[0053]** Le pas P1 de la première rangée 10 est sensiblement égal au pas P3 de la troisième rangée 30 et à l'espacement Q entre la première et la troisième rangée. Le pas P2 de la deuxième rangée 20 est sensiblement le double du pas P1 de la première rangée.

**[0054]** La figure 7 représente un élément rayonnant de la première ou de la troisième rangée. Un tel élément rayonnant a été proposé dans la demande de brevet français N°0206852.

**[0055]** La figure 7 fait apparaître un contour carré virtuel en pointillés 71, dont la longueur du côté est "a". A l'intérieur de ce carré virtuel, l'élément rayonnant représenté comporte quatre plaques rayonnantes métalliques 2a, 2b, 2c, 2d, de forme carrée, dont la longueur du côté est "c". Ces quatre plaques sont juxtaposées dans un même plan à l'intérieur du carré virtuel 71.

**[0056]** Les plaques carrées 2a et 2c ont une diagonale commune, c'est-à-dire située sensiblement sur un même axe d'alignement  $\Delta_3$ ; de même, les plaques 2b et 2d ont une diagonale commune, c'est-à-dire située sensiblement sur un même axe d'alignement  $\Delta_4$ . Le terme "diagonale" est ici utilisé en référence au carré dans lequel est inscrit chaque plaque.

**[0057]** Ces axes d'alignement  $\Delta_3$ ,  $\Delta_4$ , qui constituent des diagonales communes aux deux paires de plaques respectives, se coupent à angle droit en un point de croisement "O" situé entre les plaques de chaque paire ou dipôle. Sur la figure 7, les axes d'alignement  $\Delta_3$ ,  $\Delta_4$  forment également les diagonales du carré virtuel en pointillé 71.

**[0058]** Les deux paires orthogonales de plaques engendrent ainsi deux champs électriques orthogonaux l'un à l'autre. La paire 2a,2c engendre un champ électrique parallèle à l'axe  $\Delta_3$  et la paire 2b,2d engendre un champ électrique parallèle à l'axe  $\Delta_4$ . Les plans de polarisation font un angle de +/- 45° par rapport à l'axe longitudinal VV' de la figure 7, qui passe dans l'intervalle entre les plaques 2a, 2b d'une part, et 2c, 2d d'autre part.

**[0059]** En particulier, les plaques 2a, 2b, 2c, 2d peuvent être évidées, et comporter chacune un trou 79, sensiblement de la même forme, par exemple un trou circulaire centré au point de croisement des diagonales du carré que définit chaque plaque. Ceci permet d'alléger leur poids.

**[0060]** De plus, les quatre coins extérieurs des plaques 2a, 2b, 2c, 2d situés aux extrémités des deux axes d'alignement  $\Delta_3$  et  $\Delta_4$ , peuvent également être coupés suivant des plans de coupe perpendiculaire aux axes d'alignement; cette coupe est sensiblement identique sur les quatre coins pour conserver la symétrie géométrique des deux voies de polarisation.

**[0061]** De tels éléments rayonnants, utilisés dans la première rangée et dans la troisième rangée de la figure 3 sont disposés de sorte que les axes d'alignement  $\Delta_3$  et  $\Delta_4$  forment un angle de 45° par rapport à l'axe longitudinal AA'. Les brins de l'élément rayonnant central de la deuxième rangée 20C (respectivement 20E) peuvent

en outre se prolonger au-dessus des autres éléments rayonnants de la cellule 10A, 10B, 30A et 30B (respectivement 10C, 10D, 30C et 30D).

**[0062]** Pour cette configuration, l'ouverture à mi-puissance des diagrammes des éléments rayonnants GSM de la deuxième rangée 20 dans le plan horizontal se situe autour de  $65^\circ$  dans toute la bande de fréquences GSM (de 870MHz à 960MHz). Les diagrammes des éléments rayonnants DCS de la première rangée et des éléments rayonnants UMTS de la troisième rangée 30 ont également une ouverture à mi-puissance autour de  $65^\circ$  dans le plan horizontal et dans leur bande de fréquences respective.

**[0063]** La figure 4 représente une cellule 53 selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

**[0064]** Les éléments rayonnants DCS de la première rangée 10 et les éléments rayonnants UMTS de la troisième rangée 30 sont du même type que dans la figure 3.

**[0065]** La cellule 53 comporte un élément rayonnant 20C de la deuxième rangée 20 (GSM), disposé au centre d'un carré virtuel 9 aux sommets duquel sont placés deux éléments rayonnants 10A et 10B de la première rangée 10 et deux éléments rayonnants 30A et 30B de la troisième rangée 30.

**[0066]** Le pas P1 de la première rangée 10 est sensiblement égal au pas P3 de la troisième rangée 30 et à l'espacement Q entre la première et la troisième rangée.

**[0067]** La figure 8 est une vue de dessus de l'élément rayonnant central 20C de la deuxième rangée. La figure 8 fait apparaître un contour carré virtuel en pointillés 71', dont la longueur du côté est "a". A l'intérieur de ce carré virtuel, l'élément rayonnant représenté comporte quatre plaques rayonnantes métalliques 2a', 2b', 2c', 2d', de même forme géométrique et de même dimensions. Ces quatre plaques sont juxtaposées dans un même plan à l'intérieur du carré virtuel 71'.

**[0068]** Les plaques 2a' et 2c' ont une diagonale commune, c'est à dire située sensiblement sur un même axe d'alignement  $\Delta_3'$ ; de même, les plaques 2b' et 2d' ont une diagonale commune, c'est à dire située sensiblement sur un même axe d'alignement  $\Delta_4'$ .

**[0069]** Ces axes d'alignement  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$ , qui constituent des diagonales communes à l'une et l'autre paire de plaques, se coupent à angle droit en un point de croisement O' situé entre les plaques de chaque paire ou dipôle. Sur la figure 8, les axes d'alignement  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$  forment également les diagonales du carré virtuel en pointillé 71'.

**[0070]** Chaque plaque comprend un renforcement profond vers l'intérieur à partir des coins extérieurs qui sont situés sur les axes d'alignement  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$ . Ainsi chaque plaque a une forme générale de triangle avec un renforcement à partir de la base du triangle de sorte que l'élément rayonnant a une forme générale de croix, dont les branches ont sensiblement une longueur c'.

**[0071]** Les deux paires de plaques engendrent ainsi deux champs électriques orthogonaux l'un à l'autre. La paire 2a', 2c' engendre un champ électrique parallèle à l'axe  $\Delta_3'$  et la paire 2b', 2d' engendre un champ électrique

parallèle à l'axe  $\Delta_4'$ . Les plans de polarisation font un angle de  $\pm 45^\circ$  par rapport à l'axe longitudinal VV' de la figure 8, qui passe dans l'intervalle entre les plaques 2a', 2b' d'une part, et 2c', 2d' d'autre part.

**[0072]** En particulier, les plaques 2a', 2b', 2c', 2d' peuvent être évidées, et comporter chacune une perforation 79', sensiblement de la même forme, pour alléger leur poids.

**[0073]** Cet élément rayonnant, utilisé dans la deuxième rangée 20 de la figure 4, est disposé dans le réseau de sorte que ses axes d'alignement  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$  qui définissent les plans de polarisation forment un angle de  $\pm 45^\circ$  par rapport à l'axe longitudinal AA' du réseau.

**[0074]** Dans d'autres formes de réalisation conformes à l'invention, l'élément rayonnant de la figure 8 peut également être utilisé dans la première rangée 10 comme élément rayonnant DCS et/ou dans la troisième rangée 30 comme élément rayonnant UMTS.

**[0075]** Selon une caractéristique complémentaire de l'invention, des cloisons métalliques transversales 8 peuvent être prévues. Elles comprennent notamment des cloisons transversales élémentaires 80 entre deux éléments adjacents de la première rangée, par exemple entre l'élément 10A et 10B, et entre deux éléments adjacents de la troisième rangée, par exemple entre l'élément 30A et 30B. Elles sont placées sensiblement à égale distance des éléments adjacents qu'elles séparent.

**[0076]** Par ailleurs, des cloisons métalliques longitudinales 90 peuvent également être prévues, dans chaque cellule élémentaire, entre un élément de la première rangée et l'élément en vis-à-vis de la troisième rangée, par exemple entre les éléments 10A et 30A, et entre les éléments 10B et 30B. Elles sont placées sensiblement à égale distance des éléments qu'elles séparent et donc le long de l'axe de la deuxième rangée 20.

**[0077]** La figure 5 est une vue en coupe transversale de la cellule 53 de la figure 4 suivant l'axe BB'. Les cloisons transversales élémentaires 80 ont une hauteur H4 inférieure à la hauteur Z1 des éléments rayonnants 10B de la première rangée (DCS) et à la hauteur Z2 des éléments rayonnants 30B de la troisième rangée (UMTS). De même, les cloisons longitudinales 90 ont une hauteur H3 inférieure à la hauteur Z1 des éléments rayonnants 10B de la première rangée (DCS) et à la hauteur Z2 des éléments rayonnants 30B de la troisième rangée (UMTS). La hauteur Z1 des éléments rayonnants 10B de la première rangée (DCS) et la hauteur Z2 des éléments rayonnants 30B de la troisième rangée (UMTS) peuvent être de l'ordre du quart d'onde dans la bande de fréquences la plus haute. La hauteur Z3 des éléments rayonnants (GSM) de la deuxième rangée peut être sensiblement supérieure à la hauteur Z1 des éléments rayonnants 10B de la première rangée (DCS) et à la hauteur Z2 des éléments rayonnants 30B de la troisième rangée (UMTS).

**[0078]** Le réflecteur 4 comprend en outre des murets 41 et 42 sur ces bords. Ces murets peuvent avoir une hauteur H1 et H2 sensiblement inférieure à la hauteur

des éléments rayonnants de la première et de la troisième rangée.

**[0079]** En particulier, la hauteur H4 des cloisons transversales élémentaires 80 peut être comprise entre environ 18 mm et environ 25 mm, la hauteur Z1 des éléments rayonnants 10B de la première rangée (DCS) peut être égale à la hauteur Z2 des éléments rayonnants 30B de la troisième rangée (UMTS) et être de l'ordre de 37 mm. Les cloisons longitudinales 90 peuvent avoir une hauteur H3 comprise entre environ 18 mm et environ 25 mm. La hauteur Z3 des éléments rayonnants de la deuxième rangée peut être comprise entre 55 et 82 mm.

**[0080]** Les cloisons longitudinales 90 permettent d'améliorer encore le découplage entre le réseau UMTS (troisième rangée) et le réseau DCS (première rangée), notamment dans la bande de fréquences DCS. Les cloisons transversales élémentaires 80 permettent d'améliorer encore le découplage entre les deux polarisations orthogonales d'un même réseau, par exemple le réseau UMTS (troisième rangée) ou le réseau DCS (première rangée).

**[0081]** Les cloisons longitudinales 90 permettent également de mieux symétriser les diagrammes de rayonnement dans le plan du réflecteur, de part et d'autre de l'axe principal de rayonnement, qui est perpendiculaire au plan du réflecteur.

**[0082]** Comme représenté sur la figure 4, chaque élément rayonnant de la première et de la troisième rangée 10A, 10B, 30A et 30B est ainsi entouré de murets qui comprennent deux cloisons transversales élémentaires 80, une cloison longitudinale 90 et une portion du muret 41 ou 42 du réflecteur. Ces murets forment un carré ayant un côté égal à la moitié du pas P 1 de la première rangée, le pas P1 étant notamment égal au pas P3 de la troisième rangée.

**[0083]** Les cloisons 80 et 90 peuvent être ou non en contact entre elles, excepté au niveau de l'élément rayonnant central 20C de la deuxième rangée et elles peuvent être ou non en contact avec les murets du réflecteur, sans que le fonctionnement de l'antenne ne soit sensiblement modifié.

**[0084]** En complément, les cloisons transversales 80 peuvent comprendre des cloisons métalliques principales 800 agencées entre deux cellules élémentaires adjacentes de l'antenne en réseau, par exemple entre les cellules 51 et 52 de la figure 3. Ces cloisons principales 800 peuvent s'étendre sur toute la largeur du réflecteur 4. Elles peuvent être prévues, par exemple, pour rigidifier mécaniquement le réflecteur, si nécessaire, ou encore améliorer le découplage de polarisation entre les éléments rayonnants adjacents de la deuxième rangée (GSM). De telles cloisons principales 800 peuvent avoir une forme polygonale régulière, comme représenté sur les figures 10 et 11. En référence à la figure 11, chaque cloison transversale principale 800 peut comporter une partie centrale 801 et deux parties périphériques 802 et 803 de hauteur inférieure à la partie centrale 801.

**[0085]** La largeur Le de la partie centrale 801 peut être

de l'ordre du quart d'onde dans la bande GSM, par exemple 80mm. La hauteur Zc de la partie centrale 801 peut être sensiblement inférieure à la hauteur de l'élément central GSM, mais sensiblement supérieure à la hauteur des murets du réflecteur 4. Par exemple, elle peut être égale à 50mm. La hauteur Zp des bords des parties périphériques 802 et 803 peut être sensiblement égale à la hauteur des murets du réflecteur.

**[0086]** La figure 6 est une vue de dessus d'une antenne en réseau tri-bande 1 conforme à l'invention. La première rangée 10 comprend 9 éléments rayonnants DCS, la troisième rangée 30 comprend 9 éléments rayonnants UMTS et la deuxième rangée 20 comprend 9 éléments rayonnants GSM.

**[0087]** La cellule élémentaire 5 est du type de celle représentée sur la figure 3, et le réseau comporte des cloisons transversales 8 et des cloisons longitudinales 90. Les cloisons transversales 8 comprennent les cloisons élémentaires 80 et les cloisons principales 800.

**[0088]** La largeur du réflecteur, qui est généralement de l'ordre de la longueur d'onde dans la bande de fréquences la plus basse (GSM), peut être d'environ 260mm. La longueur du réflecteur, qui est proportionnelle au nombre d'éléments rayonnants utilisés et au pas des rangées, notamment de la rangée GSM, peut être de l'ordre de 2600mm. L'ouverture à mi-puissance des diagrammes de rayonnement horizontaux est sensiblement de l'ordre de 65° dans les trois bandes de fréquences GSM, DCS, UMTS. Les gains par rapport à l'isotrope sont sensiblement de l'ordre de 17dBi dans la bande GSM et de l'ordre de 18dBi dans les bandes de fréquences DCS et UMTS.

**[0089]** Le fait d'utiliser des éléments rayonnants de même type et sensiblement identiques dans la première rangée (DCS) et la troisième rangée (UMTS) présente l'avantage de fournir des diagrammes de rayonnement horizontaux dans la bande GSM symétriques de part et d'autre de l'axe principal de rayonnement de l'antenne. La structure particulière des éléments rayonnants de la première rangée (DCS) et de la troisième rangée (UMTS), décrite en référence à la figure 7, permet à ces deux rangées de fonctionner indifféremment dans l'une ou l'autre des deux bandes de fréquences DCS et UMTS ou, en d'autres termes, de fonctionner dans une bande élargie (DCS-UMTS) couvrant à la fois la bande DCS et la bande UMTS. L'antenne tri-bande présente ainsi 6 accès, dont 2 accès GSM, un pour chaque polarisation (+45°/-45°), 2 accès DCS-UMTS et 2 autres accès DCS-UMTS.

**[0090]** L'invention propose en outre une antenne en réseau bi-bande, par exemple fonctionnant en GSM/UMTS ou en GSM/DCS.

**[0091]** Chaque cellule élémentaire d'un réseau bi-bande conforme à l'invention comprend un élément rayonnant de la deuxième rangée et deux éléments rayonnants de la première rangée. L'élément rayonnant de la deuxième rangée voit les éléments rayonnants de la première rangée sensiblement symétriquement et sous un angle

droit. Les éléments rayonnants de la première rangée et de la deuxième rangée sont des dipôles à large bande et à double polarisation du type des dipôles décrits ci-dessus.

**[0092]** En particulier, la première rangée peut comporter des éléments rayonnants UMTS et la deuxième rangée peut comporter des éléments rayonnants GSM pour une antenne GSM/UMTS. En variante, La première rangée peut comporter des éléments rayonnants DCS et la deuxième rangée peut comporter des éléments rayonnants GSM pour une antenne GSM/DCS.

**[0093]** La Demanderesse a observé par ailleurs que l'architecture de l'antenne en réseau tri-bande décrite ci-dessus permet d'obtenir une telle antenne bi-bande. Elle a observé en effet que toutes les propriétés radioélectriques de l'antenne, le découplage entre les accès, les diagrammes de rayonnement, l'adaptation des impédances, etc. sont sensiblement conservées lorsque les éléments rayonnants de la première rangée DCS (pour un réseau bi-bande GSM/UMTS) ou de la troisième rangée UMTS (pour un réseau bi-bande GSM/UMTS) sont débranchés mais physiquement présents, c'est-à-dire non alimentés. Bien que ces observations ne soient pas complètement expliquées à ce jour, il est permis de penser qu'elles tiennent au faible couplage mutuel entre les éléments rayonnants d'une rangée et ceux d'une autre rangée d'une part et, d'autre part, du fort découplage entre les polarisations orthogonales des éléments rayonnants d'une même rangée, notamment les éléments centraux GSM, obtenu grâce à l'agencement symétrique des cellules élémentaires de l'antenne tri-bande. De ce fait, l'impédance de charge entre les bornes d'alimentation des éléments rayonnants d'un des réseaux de l'antenne tri-bande, par exemple la rangée UMTS, n'a qu'une faible incidence sur les propriétés électriques des deux autres réseaux (les rangées GSM et DCS dans cet exemple) si elle est nulle (élément rayonnant court-circuité à ses bornes), si elle est infiniment grande (élément rayonnant ouvert à ses bornes) ou si elle a une valeur intermédiaire.

**[0094]** Elle a de plus observé que ces propriétés électriques peuvent être sensiblement conservées en remplaçant les éléments de la première rangée (pour un réseau bi-bande GSM/UMTS) ou de la troisième rangée (pour un réseau bi-bande GSM/DCS) par des plaques conductrices de forme périphérique sensiblement identique, de même encombrement et de même disposition.

**[0095]** La figure 9 est une vue de dessus d'une cellule élémentaire 54 d'une telle antenne bi-bande non-conforme à l'invention, en particulier d'une antenne bi-bande GSM/DCS (ou GSM/UMTS ou GSM/DCS-UMTS en bande élargie). La troisième rangée (réseau UMTS) de l'antenne tri-bande selon l'invention est remplacée par une rangée de plaques 300 de forme sensiblement identique aux éléments rayonnants de la troisième rangée 30 décrite ci-dessus. La première rangée 10 comporte des éléments rayonnants DCS et la deuxième rangée 20 comporte des éléments rayonnants GSM. Ainsi chaque cellule élémentaire 54 comporte deux éléments rayonnants

DCS, 10A et 10B, deux plaques, 300A et 300B, et un élément GSM, 20C.

**[0096]** Le support des plaques 300A et 300B peut être simplement une colonnette métallique ou isolante fixée au centre géométrique des plaques et au réflecteur, la hauteur des plaques par rapport au réflecteur restant la même que la hauteur des éléments rayonnants remplacés. Une antenne bi-bande ainsi constituée présente 2 accès GSM et deux accès UMTS ou DCS ou DCS-UMTS (bande élargie).

**[0097]** Les antennes multi-bandes conformes à l'invention ont l'avantage de fournir la même qualité de service que les antennes mono-bandes de deuxième génération.

**[0098]** Les antennes multi-bandes conformes à l'invention permettent notamment d'avoir un rayonnement suivant deux polarisations orthogonales fortement découplées dans chaque bande de fréquences, inclinées de +/- 45° par rapport à la direction longitudinale, favorisant ainsi la réception des signaux en diversité de polarisation. En effet, les signaux mobiles reçus au niveau d'une antenne sont altérés par un phénomène de propagation en multitrajets. Leur réception suivant deux polarisations orthogonales fortement découplées permet de disposer de deux signaux statistiquement décorrélés dont le traitement additif par un récepteur de diversité permet d'améliorer significativement le rapport signal à bruit en réception, qui est la principale mesure de la qualité des communications.

**[0099]** Par ailleurs, elles permettent d'obtenir des faisceaux dépointables électriquement de façon continue et indépendante dans chacune des bandes de fréquences, ce qui permet aux opérateurs de télécommunication d'optimiser la couverture radio des réseaux cellulaires dans chacune des bandes de fréquences (GSM, DCS et UMTS). En effet l'inclinaison du faisceau (" tilt ") de l'un des réseaux composant l'antenne multi-bande peut être réalisée par un moyen électrique de déphasage, qui consiste à créer un déphasage constant entre les éléments rayonnants successifs de ce réseau, évitant ainsi une inclinaison mécanique de l'antenne dans son ensemble. Un tel moyen électrique est proposé par exemple dans la demande de brevet français N° 0307483.

**[0100]** Les antennes multi-bandes conformes à l'invention ont en outre l'avantage de fournir une bonne isolation entre les accès orthogonaux de la même bande de fréquences et entre les accès inter-bandes, ce qui limite les interférences entre les signaux de forte puissance transmis par l'un des accès et les signaux de très faible puissance reçus par un autre accès de l'antenne, interférences dommageables à la qualité des communications.

**[0101]** Enfin, elles peuvent avoir une hauteur et une largeur semblable à celles des antennes mono-bandes de deuxième génération fonctionnant dans la bande GSM déjà déployées, ce qui minimise l'impact visuel mais également l'impact sur l'environnement. En effet, une antenne conforme à l'invention intègre deux ou trois

antennes élémentaires opérant dans deux ou trois systèmes de communication différents (par exemple GSM/DCS/UMTS ou GSM/DCS). Le nombre d'antennes nécessaire est ainsi minimisé pour une station de base donnée. Des opérateurs différents peuvent en outre partager la même antenne et par suite le nombre de sites d'implantation de telles stations est également réduit.

**[0102]** Les figures 12 et 13 sont des vues de dessus d'une variante de réalisation de l'élément rayonnant de la deuxième rangée 20C. La Demanderesse a trouvé qu'un tel élément rayonnant possède des propriétés qui améliorent les performances générales de l'antenne en réseau conforme à l'invention.

**[0103]** La figure 12 fait apparaître un élément rayonnant inscrit dans un carré représenté en pointillés 71". L'élément rayonnant représenté comporte deux dipôles D1 et D2. Chaque dipôle D1 et D2 comporte une paire de plaques conductrices coplanaires, de même géométrie respectivement {D11, D12} et {D21, D22}. Chaque plaque D11, D12, D21 et D22 présente un axe de symétrie. Les deux plaques D11 et D12 du dipôle D1 sont positionnées avec leurs axes de symétrie sensiblement alignés suivant un même axe d'alignement  $\Delta$ . De même, les deux plaques D21 et D22 du dipôle D2 sont positionnées avec leurs axes de symétrie sensiblement alignés suivant un même axe d'alignement  $\Delta'$ .

**[0104]** Les axes d'alignement  $\Delta$  et  $\Delta'$  des dipôles D1 et D2 se coupent à angle droit en un point de croisement O" situé entre les quatre plaques de l'élément rayonnant. Comme montré sur les figures 12 et 13, les axes d'alignement  $\Delta$  et  $\Delta'$  coïncident sensiblement avec les diagonales du carré 71" et le point de croisement O" coïncide sensiblement avec le centre du carré 71".

**[0105]** Chaque plaque d'un dipôle, par exemple D11, comporte deux branches latérales p11 et p11' agencées de manière à former un V, sensiblement ouvert à 90°, dont la pointe est située au voisinage du point de croisement O" de l'élément rayonnant. La branche latérale p11 s'étend notamment suivant l'axe VV' tandis que la branche latérale p11' est sensiblement perpendiculaire à l'axe VV'. Chaque plaque d'un dipôle comporte en outre une branche intermédiaire désignée ci-après par "brin", par exemple b11, qui s'étend entre les deux branches latérales, suivant l'axe d'alignement du dipôle, par exemple  $\Delta$ .

**[0106]** De même, la plaque D12 comporte deux branches latérales p12 et p12' et un brin b21, la plaque D22 comporte deux branches latérales p12 et p12' et un brin b21 et la plaque D22 comporte deux branches latérales p22 et p22' et un brin b22.

**[0107]** En complément, les branches latérales de chaque plaque, par exemple les branches p11 et p11' de la plaque D11, peuvent être évidées. Ainsi elles peuvent comporter des perforations 79" pour réduire leur poids. Dans la forme de réalisation de la figure 12, les perforations des deux branches se recoupent au niveau de l'axe d'alignement  $\Delta$  ou  $\Delta'$  correspondant.

**[0108]** Les deux paires de dipôles D1 et D2 engendrent

ainsi deux champs électriques orthogonaux l'un à l'autre. La paire D11, D12 engendre un champ électrique parallèle à l'axe  $\Delta$  et la paire D21, D22 engendre un champ électrique parallèle à l'axe  $\Delta'$ . Les plans de polarisation font un angle de +/- 45° par rapport à l'axe longitudinal VV' des figures 12 et 13, qui passe dans l'intervalle entre les plaques D11 et D21 d'une part, et D12 et D22 d'autre part.

**[0109]** L'élément rayonnant des figures 12 et 13, lorsqu'il est utilisé dans la deuxième rangée 20 (GSM) de la figure 4, est disposé dans le réseau de sorte que ses axes d'alignement  $\Delta$  et  $\Delta'$  qui définissent les plans de polarisation forment un angle de +/- 45° par rapport à l'axe longitudinal AA' du réseau.

**[0110]** L'utilisation d'un tel élément rayonnant dans la deuxième rangée GSM améliore les diagrammes de rayonnement horizontaux de la première rangée DCS et de la troisième rangée UMTS, par rapport aux formes de réalisations qui utilisent l'élément rayonnant de la figure 2B ou de la figure 8.

**[0111]** En particulier, l'élément rayonnant des figures 12 et 13 permet d'avoir une dispersion peu élevée de l'ouverture à mi-puissance des diagrammes horizontaux, en fonction de la fréquence, dans les bandes UMTS et DCS. Il génère en outre un strabisme relativement faible dans sa bande de fréquences GSM et permet d'améliorer la symétrie des diagrammes horizontaux par rapport à l'axe principal, dans les bandes de fréquence UMTS et DCS et pour des angles d'inclinaison électrique du faisceau global de l'antenne sensiblement compris entre 0° et 10° vers le sol.

**[0112]** L'élément rayonnant de la figure 13 est une variante de l'élément rayonnant de la figure 12. Selon cette variante, chaque branche latérale d'une plaque, par exemple la branche latérale p11 de la plaque D11, comprend un évidement 79"(1) disjoint de l'évidement 79"(2) de l'autre branche latérale p11' de la même plaque. L'extrémité de l'évidement 79"(1) et l'extrémité de l'évidement 79"(2), dans la zone de raccordement des branches latérales, sont séparées l'une de l'autre d'une distance au moins égale à la largeur d du brin b11 de la plaque. Cette séparation forme une liaison conductrice qui permet de renforcer la tenue mécanique des brins. La structure générale de l'élément rayonnant de la figure 13 correspond alors sensiblement à la superposition des brins rayonnants de l'élément rayonnant de la figure 8 et de l'élément rayonnant de la figure 2B.

**[0113]** Les éléments rayonnants de la figure 2B, de la figure 8, de la figure 12 et de la figure 13 peuvent être alimentés ou excités en leur centre de façon analogue pour créer les deux polarisations orthogonales dans les deux directions diagonales des éléments rayonnants. L'alimentation peut comprendre des liaisons électriques 60, comme montré sur la figure 7 et un symétriseur (balun) qui sert également de pied support de l'élément rayonnant, comme montré sur la figure 5. Un tel dispositif d'alimentation est décrit par exemple dans la demande de brevet français FR 2 840 455, déposée au nom de la

Demanderesse.

**[0114]** Les éléments rayonnants de la figure 2B, de la figure 8, de la figure 12 et de la figure 13 considérés isolément ont des propriétés radioélectriques proches, à savoir une ouverture des diagrammes sensiblement égales (autour de 65°), un faible taux de polarisation croisée, un fort découplage des deux voies orthogonales de polarisation dans une large bande de fréquence, et une bonne adaptation d'impédance dans une large bande de fréquence.

**[0115]** Il a été constaté que les éléments rayonnants de la figure 12 et de la figure 13, lorsqu'ils sont utilisés dans la rangée centrale du réseau tri-bande conforme à l'invention, fournissent des performances plus satisfaisantes que les éléments rayonnants de la figure 2B et de la figure 8.

**[0116]** En effet, il est apparu que les éléments rayonnants de la figure 12 et de la figure 13 ne présentent pas certains inconvénients des éléments rayonnants de la figure 2B et de la figure 8.

**[0117]** Plus précisément, il a été observé que l'élément rayonnant de la figure 2B "perturbe" faiblement le rayonnement des rangées UMTS et DCS. Cela semble dû au fait que les brins rayonnants d'un tel élément sont orientés à 45° par rapport à l'axe des rangées UMTS et DCS, comme représenté sur la figure 3. De plus, il a été observé que les diagrammes de rayonnement présentent, au moins dans certaines situations, des phénomènes de dissymétrie indésirables dans le plan horizontal et dans la bande de fréquence GSM, pour des angles d'inclinaison importants du faisceau rayonné par l'antenne.

**[0118]** Par ailleurs, il a été constaté que l'élément rayonnant de la figure 8 génère des diagrammes de rayonnement qui présentent des phénomènes de dissymétrie relativement faibles dans le plan horizontal, dans sa bande de fréquence GSM.

**[0119]** Il est apparu qu'un tel élément rayonnant "perturbe" le rayonnement des rangées DCS et UMTS, ce qui se traduit par une dispersion relativement importante de l'ouverture des diagrammes de rayonnement, dans le plan horizontal, dans les bandes de fréquence DCS et UMTS.

**[0120]** Les phénomènes de dissymétrie vont maintenant être décrits schématiquement en référence à la figure 14, qui illustre un exemple de diagrammes de rayonnement dans le plan horizontal d'une antenne à polarisation linéaire double et orthogonale.

**[0121]** Sur la figure 14, la courbe C1 correspond au diagramme de rayonnement dans le plan horizontal pour la voie de polarisation + 45° et la courbe C2 correspond au diagramme de rayonnement dans le plan horizontal pour la voie de polarisation - 45°.

**[0122]** Les phénomènes de dissymétrie peuvent comprendre un phénomène de "poursuite" ("tracking" en anglais) qui se traduit par une différence des niveaux de puissance émis (ou reçus) par l'antenne, dans deux directions du plan horizontal, symétriques par rapport à l'axe principal de rayonnement XX'.

**[0123]** Par exemple, sur la courbe C1 pour la voie de polarisation +45° :

- le niveau relatif de puissance est d'environ - 2,2 dB, dans la direction d'azimut - 30°, tandis que le niveau de puissance est de - 0,9dB, dans la direction d'azimut symétrique +30°, ce qui correspond à une "poursuite" T1' de 1,3 dB environ;
- le niveau de puissance est d'environ - 6,7 dB, dans la direction d'azimut - 60°, tandis que le niveau de puissance est de - 4 dB, dans la direction d'azimut symétrique +60°, ce qui correspond à une "poursuite" T1 de 2,7 dB environ.

**[0124]** En particulier, il a été observé que les phénomènes de dissymétrie augmentent avec l'angle d'inclinaison électrique du faisceau de l'antenne.

**[0125]** Les phénomènes de dissymétrie peuvent en outre comprendre un phénomène de "strabisme" ("squint" en anglais). Le strabisme apparaît lorsque que le maximum du rayonnement ne se trouve pas dans l'axe principal. Il se traduit par la différence d'azimut S entre le point de puissance maximal du diagramme de rayonnement et l'axe principal XX'.

**[0126]** Classiquement, pour une antenne à polarisation linéaire, les phénomènes de dissymétrie évoqués ci-avant ne sont constatés que dans les plans autres que les plans principaux de polarisation de l'antenne. Les plans principaux de polarisation de l'antenne comprennent le plan contenant le champ électrique E, dit "plan E", et le plan contenant le champ magnétique H, dit "plan H". Le plan E et le plan H sont orthogonaux.

**[0127]** Par exemple, sur la figure 3, l'un des plans principaux de polarisation contient l'axe  $\Delta$  tandis que l'autre plan contient l'axe  $\Delta'$ . Les plans principaux de polarisation sont donc inclinés de +45° et de -45° par rapport au plan vertical contenant l'axe AA'. Les phénomènes de dissymétrie peuvent donc être constatés dans le plan horizontal ou dans le plan vertical contenant l'axe AA'. En particulier, il est apparu que les phénomènes de dissymétrie sont généralement plus gênants dans le plan horizontal que dans le plan vertical.

**[0128]** Par ailleurs, il a pu être observé que le diagramme de rayonnement C1 de la voie de polarisation +45° est généralement symétrique au diagramme de rayonnement C2 de la voie de polarisation -45° par rapport à l'axe principal. Dans de telles conditions, la poursuite T1 sur le diagramme de rayonnement C1 de la voie de polarisation +45°, pour une direction donnée, est généralement sensiblement égale à la poursuite T2 sur le diagramme de rayonnement C2 de l'autre voie de polarisation à -45°, pour la direction symétrique.

**[0129]** Cela a notamment pour effet que la différence de niveau de puissance entre deux points A1 et A1' du diagramme de rayonnement d'une même voie de polarisation, par exemple C1, situés dans des directions respectives  $\alpha$  et  $\alpha'$  symétriques par rapport à l'axe principal est sensiblement égale à la différence de niveau de puis-

sance, entre un point A1 du diagramme de rayonnement C1 de l'une des voies de polarisation et un point A2 du diagramme de rayonnement C2 de l'autre voie de polarisation, situés tous deux dans l'une des directions  $\alpha$  et  $\alpha'$ . Par exemple :

- dans les directions symétriques  $+30^\circ$  et  $-30^\circ$ , la différence de niveau de puissance de la voie de polarisation à  $+45^\circ$  est d'environ 1,3 dB, et
- dans la direction  $+30^\circ$ , la différence de niveau de puissance de la voie de polarisation à  $+45^\circ$  et le niveau de puissance de la voie de polarisation à  $-45^\circ$  est également de 1,3 dB.

**[0130]** Par suite, la différence de niveau de puissance, entre un point A1 du diagramme de rayonnement C1 de l'une des voies de polarisation et un point A2 du diagramme de rayonnement C2 de l'autre voie de polarisation, situés tous deux dans une même direction est généralement aussi qualifiée de phénomène de "poursuite".

**[0131]** Certains éléments rayonnants présentent, selon leur structure, un phénomène de "poursuite" plus marqué que d'autres, dans la bande de fréquences où ils fonctionnent.

**[0132]** Dans la forme de réalisation tri-bande de l'invention, il a été constaté que les phénomènes de dissymétrie dans la bande GSM dépendent du type d'élément rayonnant GSM utilisé dans la rangée centrale. Dans les bandes UMTS et/ou DCS, il semble que les phénomènes de dissymétrie résultent de la structure générale de l'antenne elle-même, et en particulier de la configuration en réseau. Il a été observé qu'il est possible d'atténuer ces phénomènes de dissymétrie en utilisant les éléments rayonnants de la figure 12 ou de la figure 13 dans la rangée centrale du réseau.

**[0133]** Les éléments rayonnants des figures 12 et 13 peuvent également être utilisés comme éléments rayonnants DCS dans la première rangée 10 et comme éléments rayonnants UMTS dans la troisième rangée 30. Pour cela, ces éléments rayonnants doivent être dimensionnés pour fonctionner dans la bande de fréquence correspondante (DCS et/ou UMTS). Dans la forme de réalisation de la figure 15 qui représente un exemple de cellule élémentaire 55, les éléments rayonnants des figures 12 et 13 sont utilisés dans les trois rangées 10, 20 et 30. Il a été constaté qu'une telle forme de réalisation fournit des performances satisfaisantes.

**[0134]** Certains éléments décrits dans le cadre de la présente invention peuvent avoir un intérêt particulier lorsqu'ils sont considérés séparément. C'est le cas notamment de l'élément rayonnant en forme générale de croix décrit en référence à la figure 8 qui possède des propriétés électriques de large bande en terme d'impédance et de découplage entre les deux polarisations orthogonales et de rayonnement. C'est également le cas des éléments rayonnants des figures 12 et 13, qui possèdent non seulement des propriétés électriques de large bande en terme d'impédance et de découplage entre

les deux polarisations orthogonales et de rayonnement mais génèrent aussi un phénomène de "poursuite" acceptable.

**[0135]** Par ailleurs, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-avant. Elle englobe toutes les variantes de réalisation qui pourront être envisagées par l'homme du métier. En particulier, les éléments rayonnants de la troisième rangée ne sont pas limités aux types de dipôles croisés à large bande et à double polarisation décrits.

## Revendications

1. Antenne en réseau, comprenant un plan de masse (4) sur lequel sont montées au moins :

- une première rangée d'éléments rayonnants (10) capable de fonctionner dans une première bande de fréquences,
- une deuxième rangée d'éléments rayonnants (20), adjacente et parallèle à la première rangée, et capable de fonctionner dans une deuxième bande de fréquences, la première et la deuxième rangées étant agencées pour former un ensemble de cellules élémentaires (5, 51, 52, 53),
- une troisième rangée (30) d'éléments rayonnants, parallèlement à la première rangée (10) et à la deuxième rangée (20), la troisième rangée étant capable de fonctionner dans une troisième bande de fréquences et disposée de sorte que la deuxième rangée soit interposée à égale distance entre la première rangée et la troisième rangée, chaque cellule élémentaire (5) comprenant un élément rayonnant de la deuxième rangée (20C), deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée (10A, 10B), et deux éléments rayonnants de la troisième rangée (30A, 30B), où chaque élément rayonnant de la première et de la deuxième rangée comprend deux dipôles croisés agencés pour fonctionner en large bande et en double polarisation,

**caractérisé en ce que** l'élément rayonnant de la deuxième rangée est agencé pour voir les deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée symétriquement et sous un angle droit, et **en ce que** l'élément rayonnant de la deuxième rangée est en outre agencé pour voir les deux éléments rayonnants adjacents de la troisième rangée symétriquement et sous un angle droit.

2. Antenne en réseau selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** chaque élément rayonnant de la troisième rangée comprend deux dipôles croisés agencés pour fonctionner en large bande et en double polarisation.

3. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** le rapport entre le pas entre deux éléments rayonnants adjacents de la deuxième rangée (P2) et le pas entre deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée (P1) est sensiblement compris entre 1,5 et 2,5. 5
4. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le pas entre deux éléments rayonnants adjacents de la troisième rangée (P3) est sensiblement égal au pas entre deux éléments rayonnants adjacents de la première rangée (P1). 10
5. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** l'espacement entre la première rangée et la troisième rangée (Q) est sensiblement égal au pas de la première rangée (P1). 15
6. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** chaque dipôle d'un élément rayonnant de la première rangée comprend une paire de plaques conductrices coplanaires (2a, 2b, 2c, 2d), de même géométrie et en forme générale de carré, les deux plaques de chaque paire étant positionnées avec leurs diagonales sensiblement alignées sur un même axe d'alignement pour chaque paire ( $\Delta_3, \Delta_4$ ), les axes d'alignement respectifs des deux paires de plaques se coupant à angle droit en un point de croisement (O) situé entre les plaques de chaque paire, et **en ce que** les éléments rayonnants de la première rangée sont disposés de sorte que les axes d'alignement respectifs des deux paires de plaques soient orientés à 45° par rapport à l'axe défini par la première rangée. 20 25 30 35
7. Antenne en réseau selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les plaques (2a, 2b, 2c, 2d) d'un élément rayonnant de la première rangée sont inté-rieurement évidées. 40
8. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** les éléments rayonnants de la première rangée (10) et de la troisième rangée (30) sont du même type. 45
9. Antenne en réseau selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** les éléments rayonnants de la première rangée (10) et de la troisième rangée (30) sont sensiblement identiques. 50
10. Antenne en réseau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** chaque dipôle d'un élément rayonnant de l'une au moins des rangées (10, 20,30) comprend une paire de plaques conductrices coplanaires, de même géométrie, chaque plaque présentant un axe de symétrie et les deux plaques de chaque dipôle étant positionnées avec leurs axes de symétrie sensiblement alignés suivant un même axe d'alignement ( $\Delta, \Delta', \Delta_3', \Delta_4'$ ), les axes d'alignement des deux dipôles se coupant à angle droit en un point de croisement (O, O', O'') situé entre les plaques de chaque paire, et **en ce que** les éléments rayonnants de ladite rangée sont disposés de sorte que les axes d'alignement respectifs ( $\Delta, \Delta'$ ) des deux paires de plaques soient sensiblement orientés de 45° par rapport à l'axe défini par la rangée. 55
11. Antenne en réseau selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** chaque plaque (2a', 2b', 2c', 2d') d'un dipôle de l'élément rayonnant a une forme générale de triangle et comprend un renforcement vers l'intérieur à partir de la base du triangle.
12. Antenne en réseau d'antenne selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** chaque plaque (2a', 2b', 2c', 2d') d'un dipôle de l'élément rayonnant est inté-rieurement évidée.
13. Antenne en réseau selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** chaque plaque d'un dipôle de l'élément rayonnant comprend un brin s'étendant à partir du point de croisement (O') suivant l'axe d'alignement du dipôle ( $\Delta, \Delta'$ ).
14. Antenne en réseau selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** chaque plaque d'un dipôle de l'élément rayonnant comporte deux branches latérales (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') agencées de manière à former un V, sensiblement ouvert à 90°, dont la pointe est située au voisinage du point de croisement (O'') de l'élément rayonnant, et une branche intermédiaire (b11, b12, b21, b22) s'étendant entre les deux branches latérales, suivant l'axe d'alignement du dipôle.
15. Antenne en réseau selon la revendication 14, **caractérisée en ce que** chacune des branches latérales (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') d'une plaque de l'élément rayonnant comprend un évidement intérieur (79'', 79''(1), 79''(2)).
16. Antenne en réseau selon la revendication 15, **caractérisée en ce que** les évidements respectifs (79''(1), 79''(2)) des deux branches latérales de chaque plaque sont disjoints, la distance (d) séparant les évidements respectifs des deux branches latérales étant au moins égale à la largeur de la branche intermédiaire de la plaque, au niveau de la pointe du V formé par lesdites branches latérales.
17. Antenne en réseau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** chaque élément rayonnant de la première rangée est séparée d'un élément rayonnant adjacent de la même rangée par une cloison transversale élémentaire (80).

18. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisée en ce que** chaque élément rayonnant de la troisième rangée est séparée d'un élément rayonnant adjacent de la même rangée par une cloison transversale élémentaire (80).
19. Antenne en réseau selon l'une des revendications 17 et 18, **caractérisée en ce que** chaque cloison transversale élémentaire est placée sensiblement à égale distance des éléments rayonnants qu'elle sépare.
20. Antenne en réseau selon l'une des revendications 17 à 19, **caractérisée en ce que** la hauteur de chaque cloison transversale élémentaire est inférieure à la hauteur des éléments rayonnants qu'elle sépare.
21. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 20, **caractérisé en ce que** chaque élément rayonnant de la première rangée est séparé de l'élément rayonnant en vis-à-vis de la troisième rangée par une cloison longitudinale (90).
22. Antenne en réseau selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** chaque cloison longitudinale est placée sensiblement à égale distance des éléments rayonnants qu'elle sépare.
23. Antenne en réseau selon la revendication 22, **caractérisé en ce que** la hauteur de chaque cloison longitudinale est inférieure à la hauteur de l'élément rayonnant de la première rangée et à la hauteur de l'élément rayonnant en vis-à-vis de la troisième rangée.
24. Antenne en réseau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bande de fréquences de la première rangée (10) est sensiblement supérieure à la bande de fréquences de la deuxième rangée (20).
25. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 24, **caractérisé en ce que** la bande de fréquences de la troisième rangée (30) est sensiblement supérieure à la bande de fréquences de la deuxième rangée (20).
26. Antenne en réseau selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rapport entre la fréquence centrale de la bande de fréquences de la première rangée (10) et la fréquence centrale de la bande de fréquence de la deuxième rangée (20) est sensiblement compris entre 1,5 et 2,5.
27. Antenne en réseau selon l'une des revendications 1 à 26, **caractérisé en ce que** le rapport entre la fréquence centrale de la bande de fréquences de la troisième rangée (30) et la fréquence centrale de la

bande de fréquences de la deuxième rangée (20) est sensiblement compris entre 1,5 et 2,5.

## 5 Claims

1. Array antenna, comprising a ground plane (4) on which are mounted at least:
  - a first row of radiating elements (10) capable of operating in a first band of frequencies,
  - a second row of radiating elements (20), adjacent and parallel to the first row, and capable of operating in a second band of frequencies, the first and second rows being arranged to form a set of elementary cells (5, 51, 52, 53),
  - a third row (30) of radiating elements, parallel to the first row (10) and to the second row (20), the third row being capable of operating in a third band of frequencies and disposed so that the second row is interposed substantially at equal distance between the first row and the third row, each elementary cell (5) comprising a radiating element of the second row (20C), two adjacent radiating elements of the first row (10A, 10B), and two radiating elements of the third row (30A, 30B), where each radiating element of the first and second row comprises two crossed dipoles arranged to operate in broadband and with dual polarisation, **characterised in that** the radiating element of the second row is arranged to see the two adjacent radiating elements of the first row symmetrically and at a right-angle, and **in that** the radiating element of the second row is arranged to see the two adjacent radiating elements of the third row symmetrically and at a right-angle.
2. Array antenna according to claim 1, **characterised in that** each radiating element of the third row comprises two crossed dipoles arranged to operate in broadband and in dual polarisation.
3. Array antenna according to one of claims 1 and 2, **characterised in that** the ratio between the pitch between two adjacent radiating elements of the second row (P2) and the pitch between two adjacent radiating elements of the first row (P1) is substantially comprised between 1.5 and 2.5.
4. Array antenna according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the pitch between two adjacent radiating elements of the third row (P3) is substantially equal to the pitch between two adjacent radiating elements of the first row (P1).
5. Array antenna according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the spacing between the first

- row and the third row (Q) is substantially equal to the pitch of the first row (P1).
6. Array antenna according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** each dipole of a radiating element of the first row comprises a pair of coplanar conducting plates (2a, 2b, 2c, 2d) of the same geometry and having a generally square shape, the two plates of each pair being positioned with their diagonals substantially aligned with a single axis of alignment for each pair ( $\Delta_3, \Delta_4$ ), the respective axes of alignment of the two pairs of plates intersecting at right-angles at a point of intersection (O) located between the plates of each pair, and **in that** the radiating elements of the first row are disposed so that the respective axes of alignment of the two pairs of plates are oriented at  $45^\circ$  relative to the axis defined by the first row.
  7. Array antenna according to claim 6, **characterised in that** the plates (2a, 2b, 2c, 2d) of a radiating element of the first row are recessed internally.
  8. Array antenna according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the radiating elements of the first row (10) and of the third row (30) are of the same type.
  9. Array antenna according to claim 8, **characterised in that** the radiating elements of the first row (10) and of the third row (30) are substantially identical.
  10. Array antenna according to one of the preceding claims, **characterised in that** each dipole of a radiating element of one at least of the rows (10, 20, 30) comprises a pair of coplanar conducting plates of the same geometry, each plate having an axis of symmetry and the two plates of each dipole being positioned with their axes of symmetry aligned with a single axis of alignment ( $\Delta, \Delta', \Delta_3', \Delta_4'$ ), the axes of alignment of the two dipoles intersecting at right-angles at a point of intersection (O, O' O") located between the plates of each pair, and **in that** the radiating elements of the said row are disposed so that the respective axes of alignment ( $\Delta, \Delta'$ ) of the two pairs of plates are substantially oriented at  $45^\circ$  with respect to the axis defined by the row.
  11. Array antenna according to claim 10, **characterised in that** each plate (2a', 2b', 2c', 2d') of a dipole of the radiating element has a generally triangular shape and comprises an indentation towards the interior from the base of the triangle.
  12. Array antenna according to claim 11, **characterised in that** each plate (2a', 2b', 2c', 2d') of a dipole of the radiating element is recessed internally.
  13. Array antenna according to claim 10, **characterised in that** each plate of a dipole of the radiating element comprises a strand extending from the point of intersection (O') along the axis of alignment of the dipole ( $\Delta, \Delta'$ ).
  14. Array antenna according to claim 10, **characterised in that** each plate of a dipole of the radiating element comprises two lateral arms (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') arranged to form a V, substantially open at  $90^\circ$ , whose point is located in the vicinity of the point of intersection (O") of the radiating element, and an intermediate arm (b11, b12, b21, b22) extending between the two lateral arms along the axis of alignment of the dipole.
  15. Array antenna according to claim 14, **characterised in that** each of the lateral arms (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') of a plate of the radiating element comprises an internal recess (79", 79"(1), 79"(2)).
  16. Array antenna according to claim 15, **characterised in that** the respective recesses (79"(1), 79"(2)) of the two lateral arms of each plate are disjunct, the distance (d) separating the respective recesses of the two lateral arms being at least equal to the width of the intermediate arm of the plate, at the point of the V formed by the said lateral arms.
  17. Array antenna according to one of the preceding claims, **characterised in that** each radiating element of the first row is separated from an adjacent radiating element of the same row by an elementary transverse partition (80).
  18. Array antenna according to one of claims 1 to 17, **characterised in that** each radiating element of the third row is separated from an adjacent radiating element of the same row by an elementary transverse partition (80).
  19. Array antenna according to either of claims 17 or 18, **characterised in that** each elementary transverse partition is located substantially at an equal distance from the radiating elements which it separates.
  20. Array antenna according to one of claims 17 to 19, **characterised in that** the height of each elementary transverse partition is lower than the height of the radiating elements which it separates.
  21. Array antenna according to one of claims 1 to 20, **characterised in that** each radiating element of the first row is separated from the opposite radiating element of the third row by a longitudinal partition (90).
  22. Array antenna according to claim 21, **characterised**

in that each longitudinal partition is located substantially at an equal distance from the radiating elements which it separates.

23. Array antenna according to claim 22, **characterised in that** the height of each longitudinal partition is lower than the height of the radiating element of the first row and than the height of the opposite radiating element of the third row. 5
24. Array antenna according to one of the preceding claims, **characterised in that** the band of frequencies of the first row (10) is substantially larger than the band of frequencies of the second row (20). 10
25. Array antenna according to one of claims 1 to 24, **characterised in that** the band of frequencies of the third row (30) is substantially larger than the band of frequencies of the second row (20). 15
26. Array antenna according to one of the preceding claims, **characterised in that** the ratio between the central frequency of the band of frequencies of the first row (10) and the central frequency of the band of frequencies of the second row (20) is substantially between 1.5 and 2.5. 20
27. Array antenna according to one of claims 1 to 26, **characterised in that** the ratio between the central frequency of the band of frequencies of the third row (30) and the central frequency of the band of frequencies of the second row (20) is substantially between 1.5 and 2.5. 25

#### Patentansprüche

1. Gruppenantenne, die eine Massenebene (4) aufweist, auf der wenigstens angeordnet sind: 30
- eine erste Reihe von strahlenden Elementen (10), die in der Lage ist, in einem ersten Frequenzband zu arbeiten, 35
  - eine zweite Reihe von strahlenden Elementen (20), die benachbart und parallel zur ersten Reihe und in der Lage ist, in einem zweiten Frequenzband zu arbeiten, wobei die erste und die zweite Reihe so angeordnet sind, dass sie eine Anordnung von Elementarzellen (5, 51, 52, 53) bilden, 40
  - eine dritte Reihe (30) von strahlenden Elementen, die parallel ist zur ersten Reihe (10) und zur zweiten Reihe (20), wobei die dritte Reihe in der Lage ist, in einem dritten Frequenzband zu arbeiten und derart angeordnet ist, dass die zweite Reihe unter gleichem Abstand zwischen die erste Reihe und die dritte Reihe gesetzt ist, wobei jede Elementarzelle (5) ein strahlendes Element 45

der zweiten Reihe (20C), zwei strahlende Elemente benachbart zur ersten Reihe (10A, 10B) und zwei strahlende Elemente der dritten Reihe (30A, 30B) aufweist, wo jedes strahlende Element der ersten und der zweiten Reihe zwei gekreuzte Dipole aufweist, die angeordnet sind, um im Breitband und unter doppelter Polarisation zu arbeiten, 50

**dadurch gekennzeichnet, dass** das strahlende Element der zweiten Reihe so angeordnet ist, dass es die beiden benachbarten strahlenden Elemente der ersten Reihe symmetrisch und unter einem rechten Winkel erkennt, und dass das strahlende Element darüber hinaus angeordnet ist, um die beiden benachbarten strahlenden Elemente der dritten Reihe symmetrisch und unter einem rechten Winkel zu erkennen. 55

2. Gruppenantenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes strahlende Element der dritten Reihe zwei gekreuzte Dipole aufweist, die angeordnet sind, um im Breitband und unter doppelter Polarisation zu arbeiten. 60
3. Gruppenantenne nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis zwischen der Teilung von zwei benachbarten strahlenden Elementen der zweiten Reihe (P2) und der Teilung zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen der ersten Reihe (P1) im Wesentlichen zwischen 1,5 und 2,5 beträgt. 65
4. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilung zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen der dritten Reihe (P3) im Wesentlichen gleich der Teilung zwischen zwei benachbarten strahlenden Elementen der ersten Reihe (P1) ist. 70
5. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen der ersten und der dritten Reihe (Q) im Wesentlichen gleich der Teilung der ersten Reihe (P1) ist. 75
6. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Dipol eines strahlenden Elements der ersten Reihe ein Paar von coplanaren Leiterplatten (2a, 2b, 2c, 2d) derselben Geometrie und von allgemeiner Rechteckform aufweist, wobei die Platten eines jeden Paares mit im Wesentlichen zueinander ausgerichteten Diagonalen auf einer selben Ausrichtachse für jedes Paar ( $\Delta_3$ ,  $\Delta_4$ ), positioniert sind, wobei sich die entsprechenden Ausrichtachsen der beiden Paare der Platten unter einem rechten Winkel in einem Kreuzungspunkt (O) schneiden, der sich zwischen den Platten 80

- eines jeden Paares befindet, und dass die strahlenden Elemente der ersten Reihe derart angeordnet sind, dass die entsprechenden Ausrichtachsen der beiden Paare der Platten um  $45^\circ$  bezüglich der Achse, die von der ersten Reihe definiert wird, ausgerichtet sind.
7. Gruppenantenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platten (2a, 2b, 2c, 2d) eines strahlenden Elements der ersten Reihe im Inneren ausgehöhlt sind.
8. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die strahlenden Elemente der ersten Reihe (10) und der dritten Reihe (30) vom selben Typ sind.
9. Gruppenantenne nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die strahlenden Elemente der ersten Reihe (10) und der dritten Reihe (30) im Wesentlichen identisch sind.
10. Gruppenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Dipol eines strahlenden Elements von wenigstens einer der Reihen (10, 20, 30) ein Paar coplanarer Leiterplatten von gleicher Geometrie aufweist, wobei eine jede Platte eine Symmetrieachse aufweist und die beiden Platten eines jeden Dipols mit ihren Symmetrieachsen im Wesentlichen ausgerichtet positioniert sind, gemäß einer selben Ausrichtachse ( $\Delta$ ,  $\Delta'$ ,  $\Delta_3$ ,  $\Delta_4$ ), wobei sich die Ausrichtachsen der beiden Dipole unter einem rechten Winkel in einem Kreuzpunkt (O, O', O'') schneiden, der sich zwischen den Platten eines jeden Paares befindet, und dass die strahlenden Elemente der Reihe derart angeordnet sind, dass die entsprechenden Ausrichtachsen ( $\Delta$ ,  $\Delta'$ ) der beiden Plattenpaare im Wesentlichen um  $45^\circ$  bezüglich der Achse, definiert durch die Reihe, ausgerichtet sind.
11. Gruppenantenne nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Platte (2a', 2b', 2c', 2d') eines Dipols des strahlenden Elements allgemein eine Form eines Triangels und eine Verstärkung nach innen, ausgehend von der Basis des Triangels, aufweist.
12. Gruppenantenne nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Platte (2a', 2b', 2c', 2d') eines Dipols des strahlenden Elements innen ausgehöhlt ist.
13. Gruppenantenne nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Platte eines Dipols des strahlenden Elements einen Draht aufweist, der sich ausgehend von dem Kreuzungspunkt (O') entlang der Ausrichtachse des Dipols ( $\Delta$ ,  $\Delta'$ ) erstreckt.
14. Gruppenantenne nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Platte eines Dipols des strahlenden Elements zwei seitliche Arme (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') aufweist, die derart angeordnet sind, dass sie ein V bilden, das im Wesentlichen mit  $90^\circ$  geöffnet ist, dessen Spitze sich in der Nähe des Kreuzungspunkts (O'') des strahlenden Elements befindet, und ein Zwischenarm (b11, b12, b21, b22) sich zwischen den beiden seitlichen Armen entlang der Ausrichtachse des Dipols erstreckt.
15. Gruppenantenne nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein jeder der seitlichen Arme (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') einer Platte des strahlenden Elements eine innere Ausnehmung (79'', 79''(1), 79''(2)) aufweist.
16. Gruppenantenne nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die entsprechenden Ausnehmungen (79''(1), 79''(2)) der beiden seitlichen Arme einer jeden Platte getrennt sind, wobei der Abstand (d), der die entsprechenden Ausnehmungen der beiden seitlichen Arme trennt, wenigstens gleich der Breite des Zwischenarms der Platte auf der Höhe der Spitze des V ist, gebildet durch die beiden seitlichen Arme.
17. Gruppenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes strahlende Element der ersten Reihe von einem benachbarten strahlenden Element derselben Reihe durch eine elementare Zwischenwand (80) getrennt ist.
18. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes strahlende Element der dritten Reihe von einem benachbarten strahlenden Element derselben Reihe durch eine elementare Zwischenwand (80) getrennt ist.
19. Gruppenantenne nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede elementare Zwischenwand im Wesentlichen mit gleichem Abstand von den strahlenden Elementen angeordnet ist, die sie trennt.
20. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe einer jeden elementaren Zwischenwand geringer ist als die Höhe der strahlenden Elemente, die sie trennt.
21. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes strahlende Element der ersten Reihe vom strahlenden Element gegenüber der dritten Reihe durch eine Längswand (90) getrennt ist.

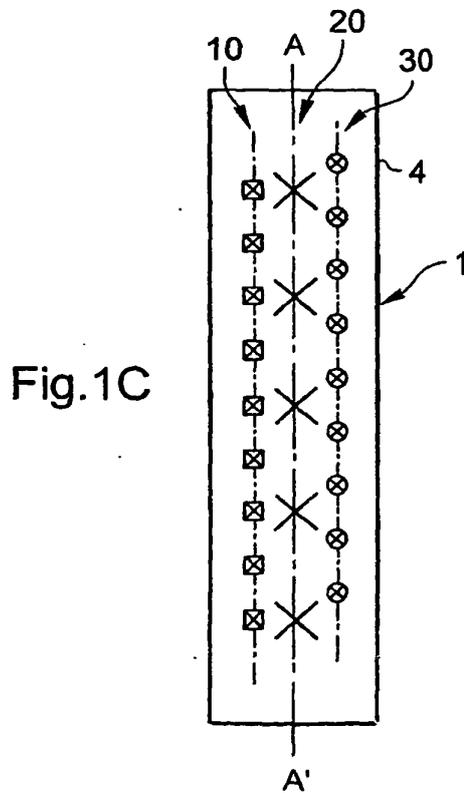
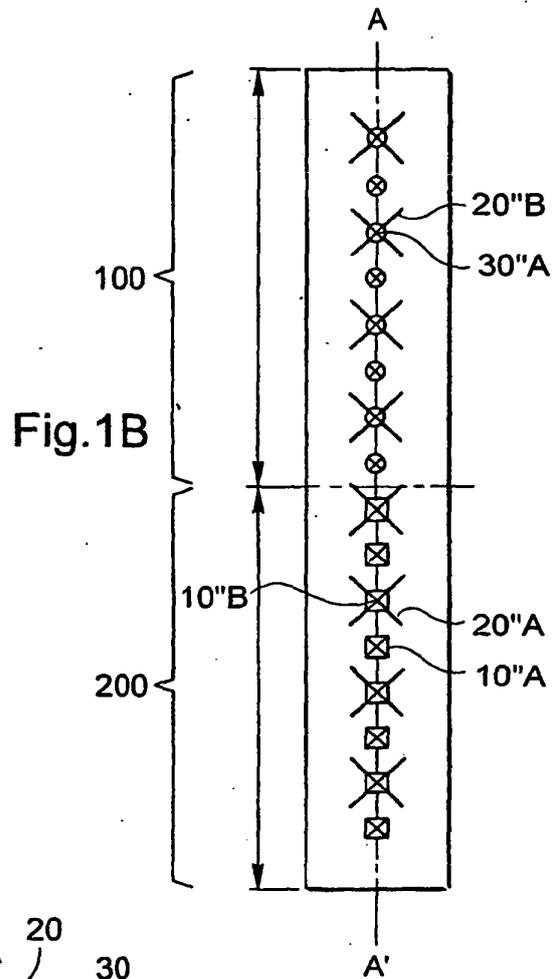
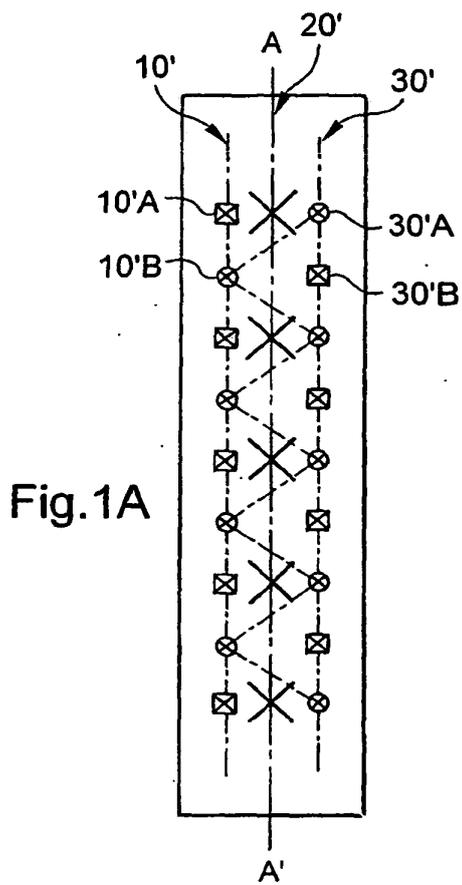
22. Gruppenantenne nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Längswand im Wesentlichen mit gleichem Abstand von den strahlenden Elementen angeordnet ist, die sie trennt. 5
23. Gruppenantenne nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe einer jeden Längswand geringer ist als die Höhe des strahlenden Elements der ersten Reihe und die Höhe des Elements gegenüberliegend der dritten Reihe. 10
24. Gruppenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Frequenzband der ersten Reihe (10) im Wesentlichen größer ist als das Frequenzband der zweiten Reihe (20). 15
25. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Frequenzband der dritten Reihe (30) im Wesentlichen größer ist als das Frequenzband der zweiten Reihe (20). 20
26. Gruppenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis zwischen der zentralen Frequenz des Frequenzbandes der ersten Reihe (10) und der zentralen Frequenz des Frequenzbandes der zweiten Reihe (20) im Wesentlichen zwischen 1,5 und 2,5 beträgt. 25  
30
27. Gruppenantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis zwischen der zentralen Frequenz des Frequenzbandes der dritten Reihe (30) und der zentralen Frequenz des Frequenzbandes der zweiten Reihe (20) im Wesentlichen zwischen 1,5 und 2,5 beträgt. 35

40

45

50

55



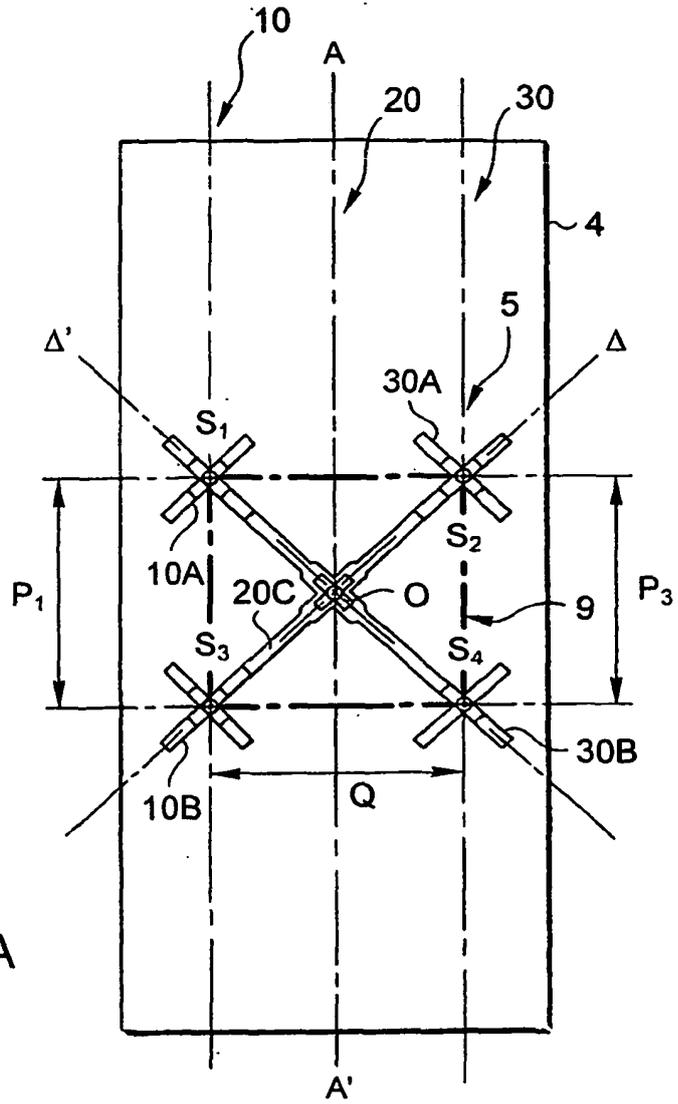


Fig.2A

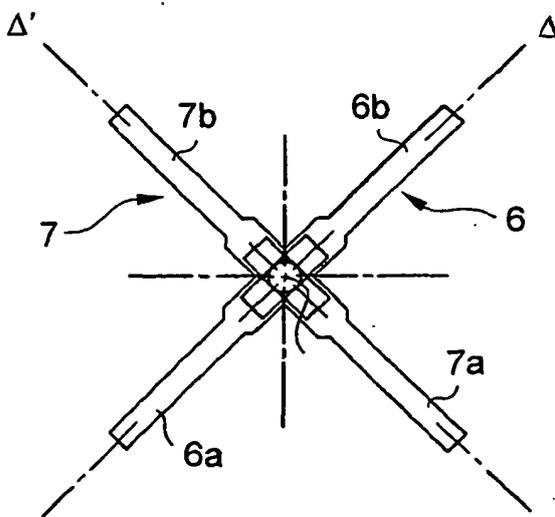


Fig.2B

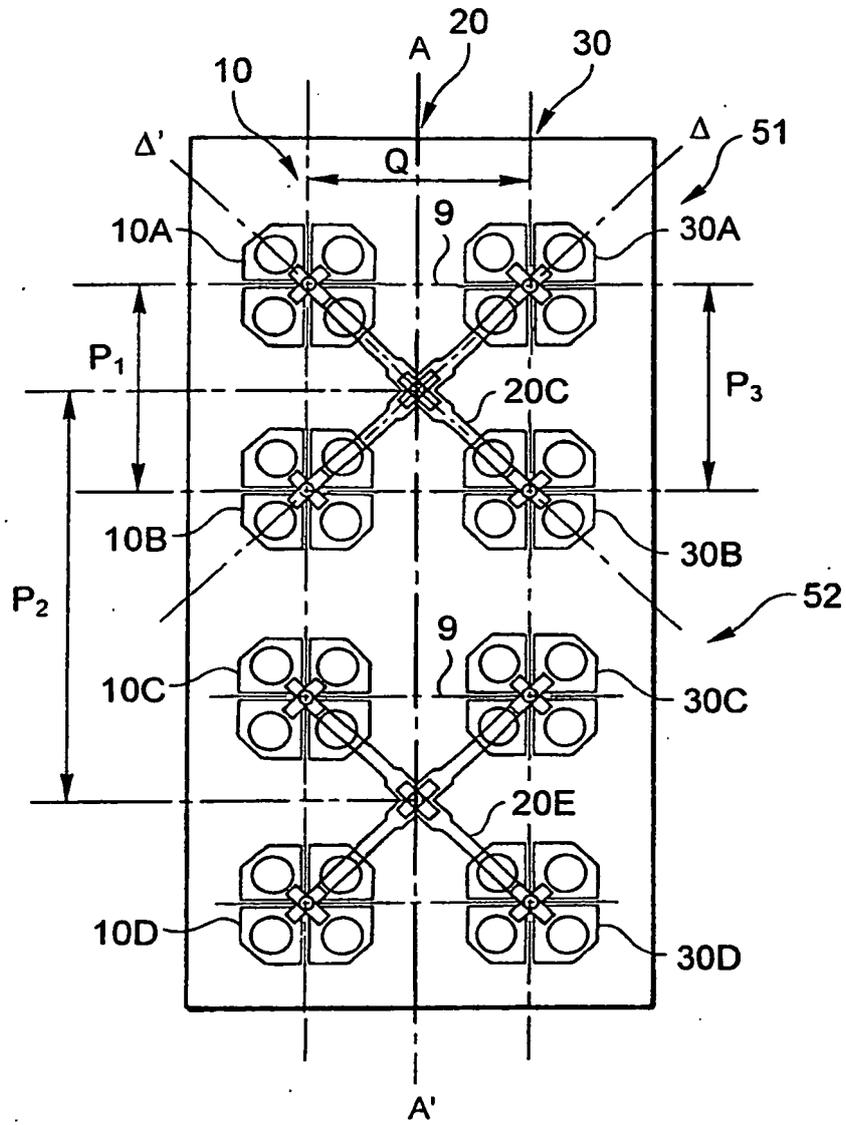
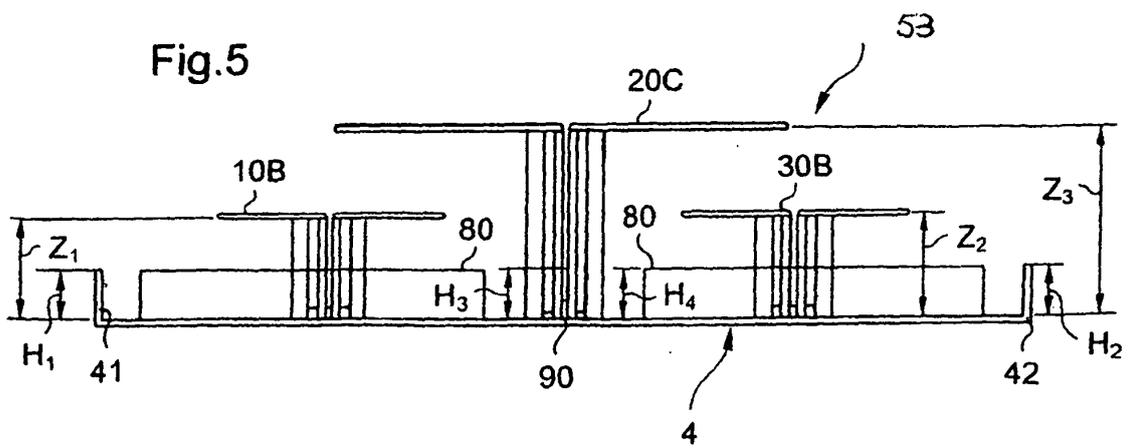
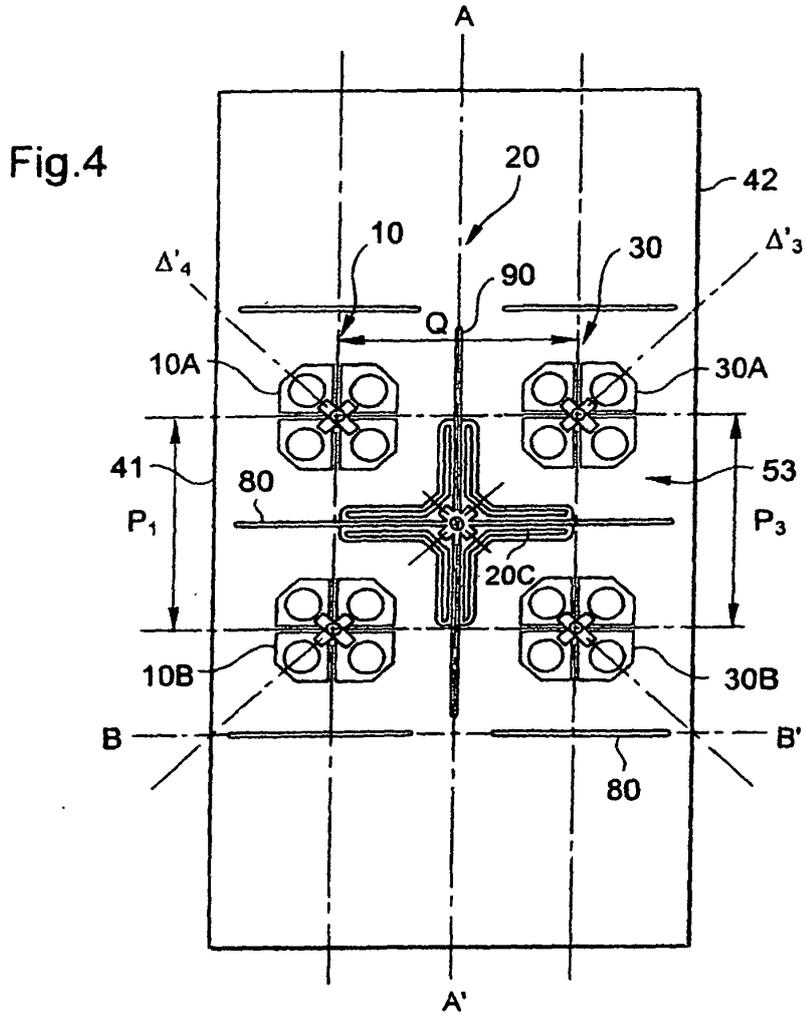


Fig.3



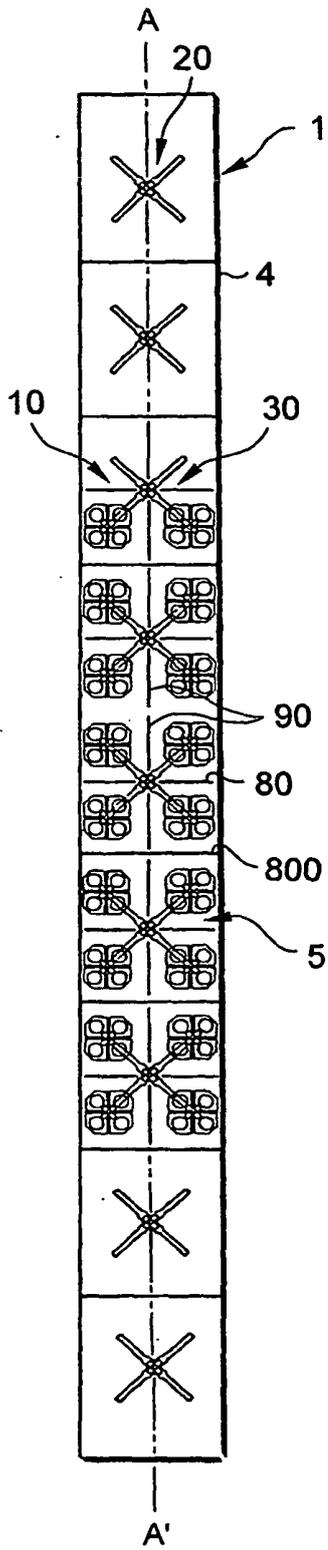


Fig.6

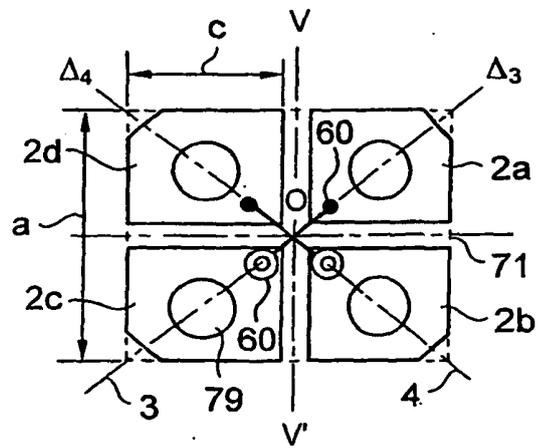


Fig.7

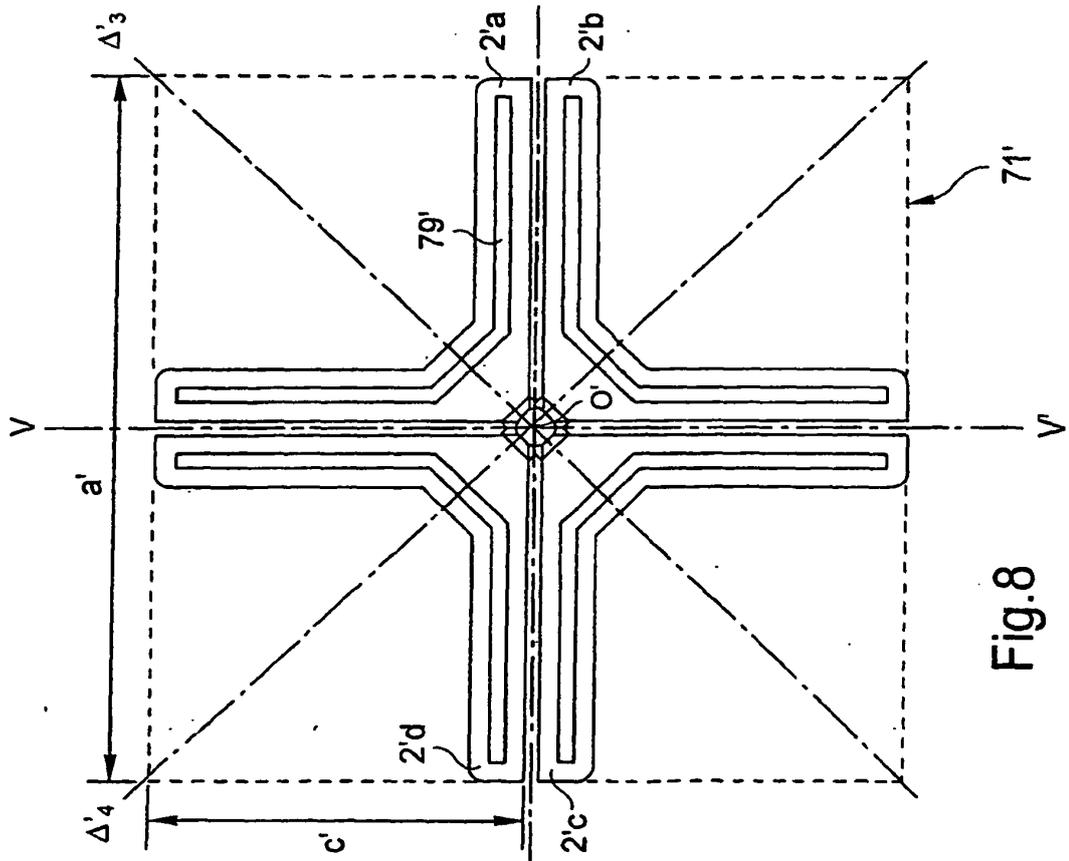
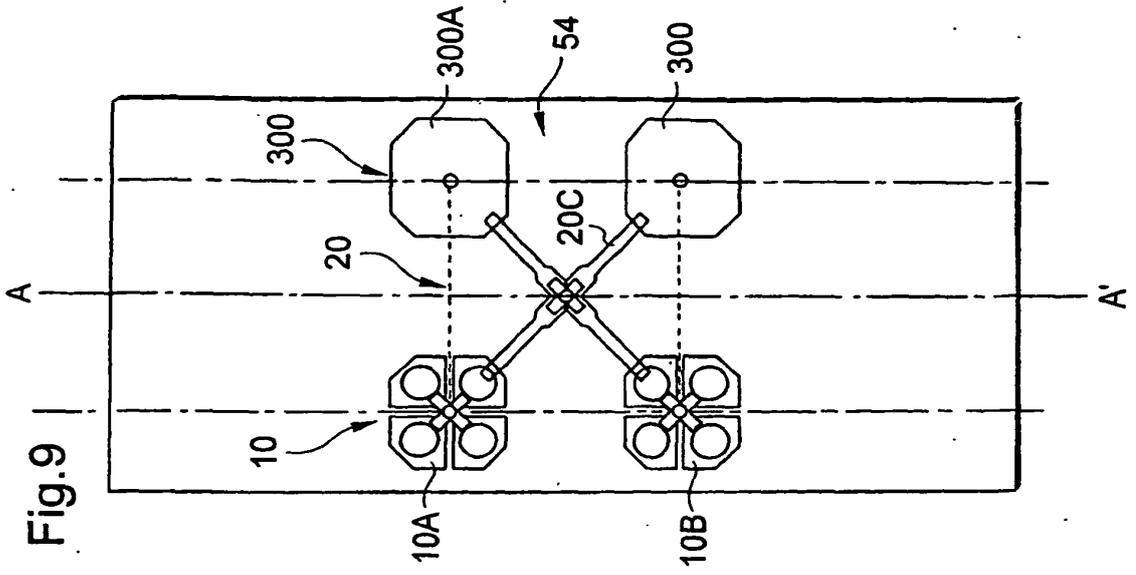


Fig.10

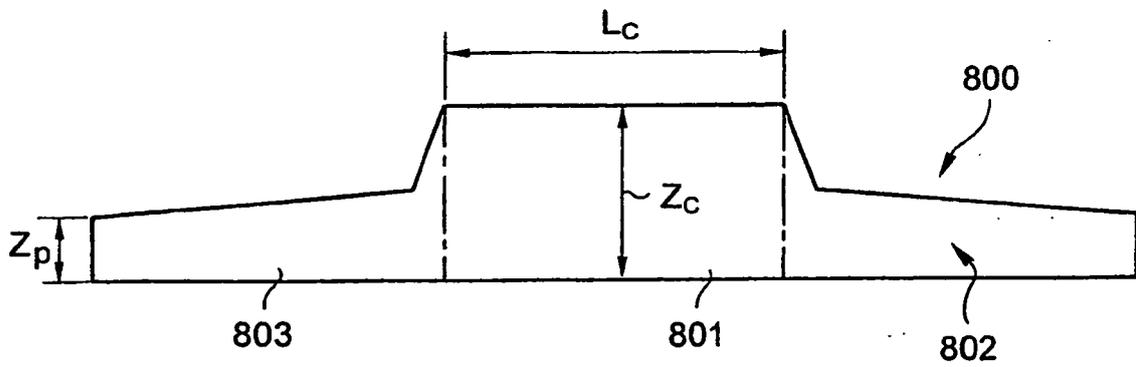
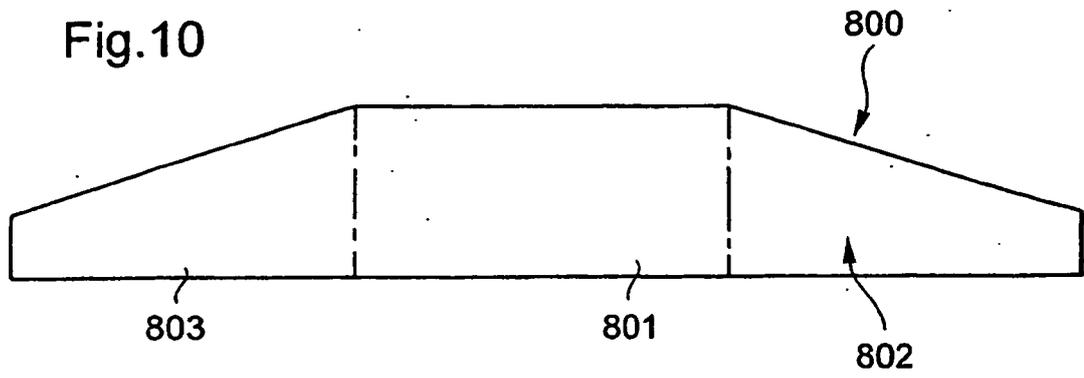


Fig.11

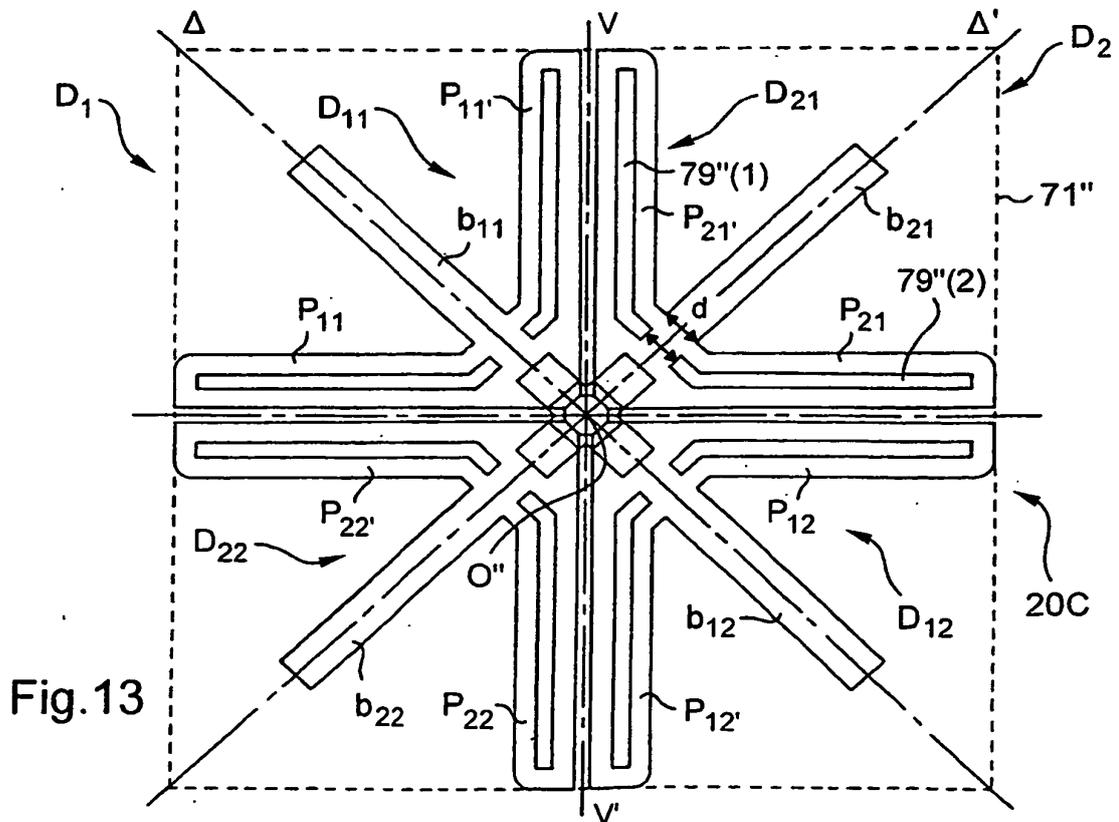
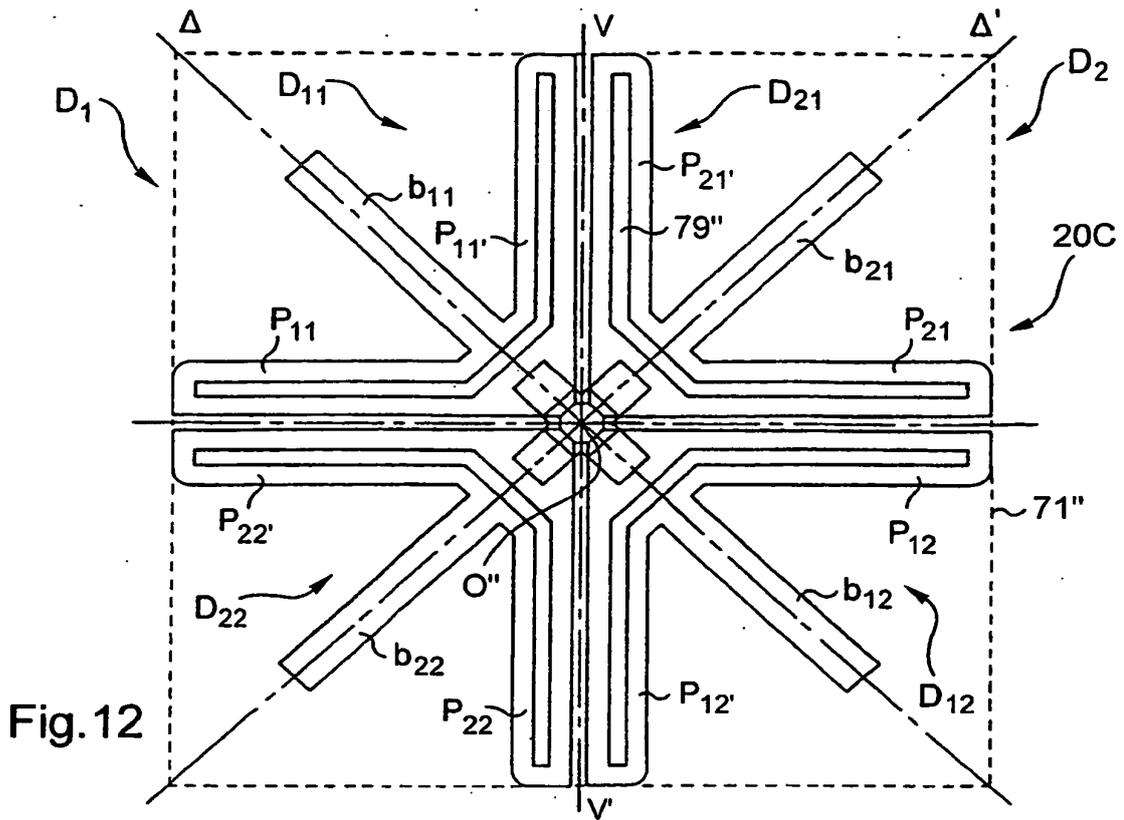


Fig.14

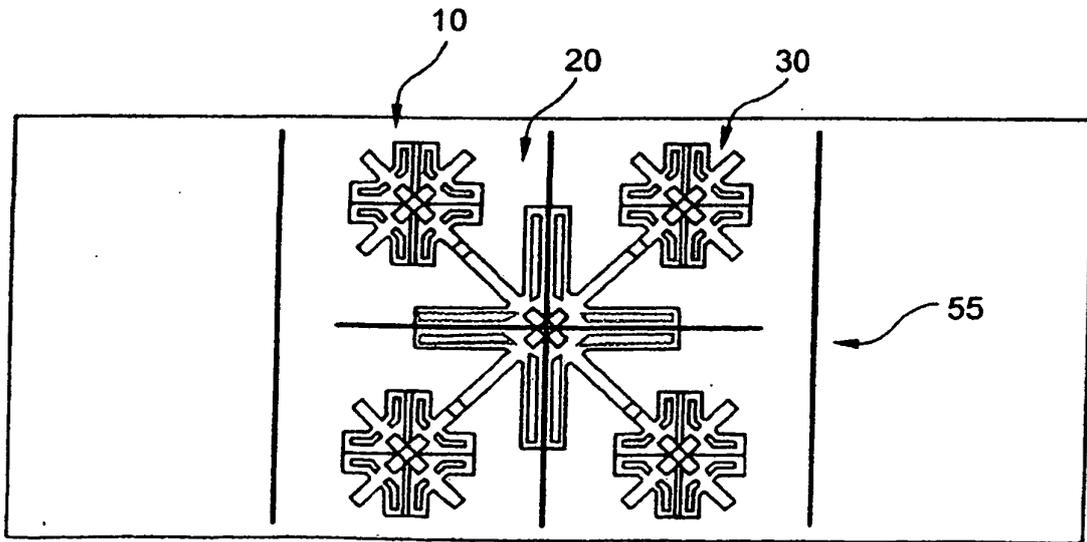
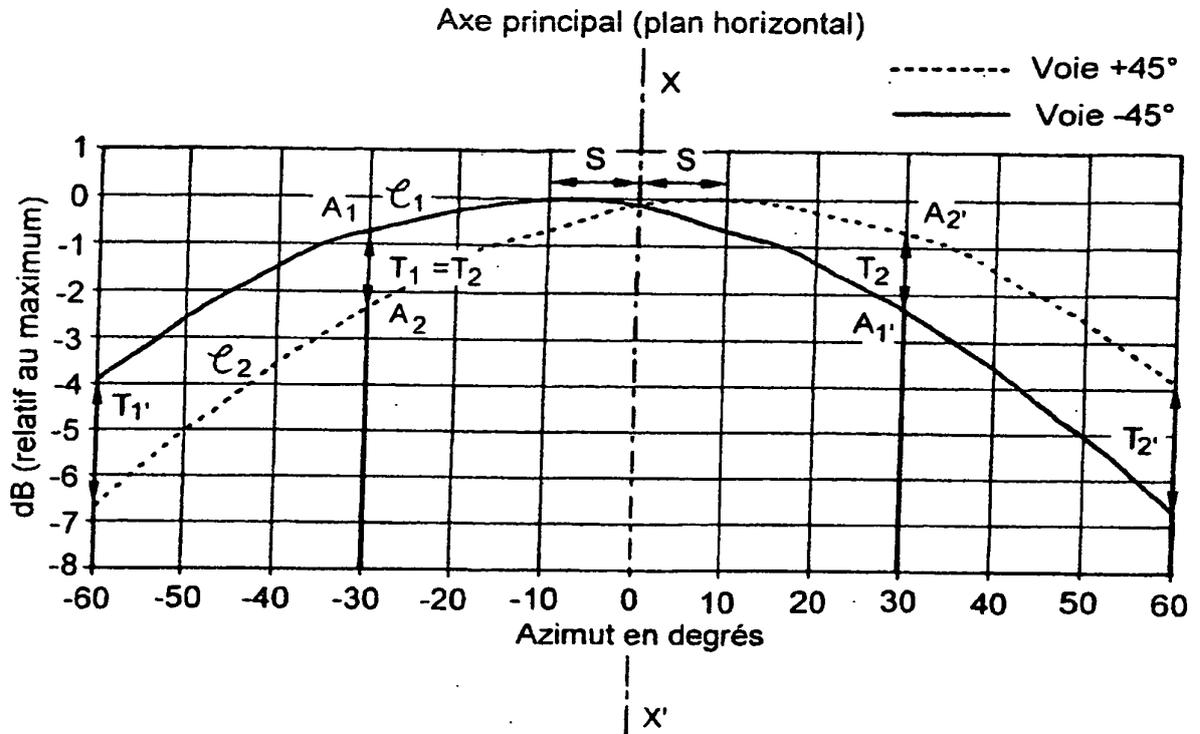


Fig.15

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- US 6211841 B [0005]
- WO 02084790 A [0006]
- US 20020140618 A1 [0007]
- FR 0206852 [0054]
- FR 0307483 [0099]
- FR 2840455 [0113]