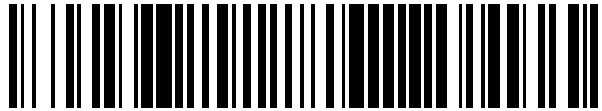


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 047**

51 Int. Cl.:

**H01Q 5/00** (2006.01)

**H01Q 1/52** (2006.01)

**H01Q 21/08** (2006.01)

**H01Q 21/26** (2006.01)

**H01Q 1/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2004 E 04805601 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 1690317**

54 Título: **Antena en red multibanda de doble polarización**

30 Prioridad:

**01.12.2003 FR 0314081**

**03.06.2004 FR 0406016**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**05.04.2013**

73 Titular/es:

**ITAS INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS  
AND SERVICES (100.0%)  
L'Allée Gauche d'Oulins, Zone Industrielle  
28260 Anet , FR**

72 Inventor/es:

**JELLOUL, MOSTAFA**

74 Agente/Representante:

**ESPIELL VOLART, Eduardo María**

**ES 2 400 047 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Antena en red multibanda de doble polarización

La presente invención se refiere a las antenas en red multibanda utilizables particularmente en estaciones de base de las redes celulares de comunicación por radio.

5 Los sistemas de comunicación móviles existentes comprenden por un lado sistemas de segunda generación tales como los sistemas GSM900, GSM1800 y DCS 1800 y por otro lado nuevos sistemas de tercera generación tales como los sistemas UMTS. Para poder aprovechar estos nuevos sistemas de tercera generación, se requieren redes celulares compatibles con los sistemas de segunda generación y con los nuevos sistemas de tercera generación. Para  
10 ello, los operadores realizan generalmente la migración de las redes celulares existentes que estaban previstas únicamente para los sistemas de segunda generación hacia las redes compatibles a la vez con los sistemas de segunda generación y con los sistemas de tercera generación.

Los proveedores de antenas de estación de base deben, por lo tanto, sustituir las antenas de segunda generación existentes, por ejemplo GSM y/o DCS, por unas antenas multibanda de nueva generación, por ejemplo antenas bibanda GSM/UMTS y tribanda GSM/DCS/UMTS.

15 Estas antenas están constituidas a partir de una antena en red la cual comprende varios conjuntos de elementos radiantes que funcionan, cada uno en una banda de frecuencias distinta.

La patente US 6.211.841 propone una antena en red multibanda de este tipo. La antena en red comprende un primer conjunto de elementos radiantes que funcionan en una primera banda de frecuencias de longitud de onda central  $\lambda_1$ , un segundo conjunto de elementos radiantes que funcionan en una segunda banda de frecuencias de longitud de onda central  $\lambda_2$  y un plano de masa. El primer conjunto de elementos radiantes se dispone en dos columnas separadas la una de la otra en una distancia inferior a  $\lambda_1$ . Los elementos radiantes del primer y del segundo conjunto están  
20 intercalados, y los elementos radiantes del segundo conjunto están separados entre sí menos de  $\lambda$ , estando la relación  $\lambda_2$  con respecto a  $\lambda_1$  comprendida entre 0,25 y 0,75. El segundo conjunto de elementos radiantes se dispone en dos columnas separadas la una de la otra en una distancia inferior a  $\lambda_2$ , que están interpuestas entre las dos columnas del primer conjunto de elementos radiantes.

La patente WO 02/084790 propone igualmente una antena en red capaz de funcionar simultáneamente en dos bandas de frecuencias diferentes, con doble polarización. Las dos bandas están centradas respectivamente alrededor de una frecuencia baja  $f_1$  y de una frecuencia alta  $f_2$ , con una relación  $f_2/f_1$  inferior a 1,5. La antena en red comprende una primera hilera de elementos de antena bipolares alineados siguiendo un primer eje vertical, y que funcionan a la frecuencia alta  $f_2$ . La antena en red comprende además una segunda hilera de elementos de antena bipolares alineados siguiendo un segundo eje vertical, y que funciona a la frecuencia baja  $f_1$ . El paso entre los elementos de la segunda hilera es el mismo que el de la primera hilera y el segundo eje vertical es prácticamente paralelo al primer eje. Los elementos de la primera hilera están desplazados con respecto a los elementos de la segunda hilera, siguiendo la dirección vertical y las dos hileras están separadas la una de la otra.

35 La patente US-A1-2002/0140618 divulga una antena según el preámbulo de la reivindicación 1.

Para que dichas antenas en red funcionen en tribanda, es necesario añadirles unos duplexores que permiten separar las diferentes bandas de frecuencias. Además, el desacoplamiento entre las diferentes polarizaciones de una misma banda de frecuencias o de bandas de frecuencias diferentes no está optimizado.

La invención viene a mejorar la situación.

40 A tal efecto, la invención propone una antena en red, que comprende un plano de masa, o reflector, sobre el cual está montado al menos:

- una primera hilera de elementos radiantes capaz de funcionar en una primera banda de frecuencias y
- una segunda hilera de elementos radiantes, adyacente y paralela a la primera hilera, y capaz de funcionar en una segunda banda de frecuencias, estando la primera hilera y la segunda hileras dispuestas para constituir un conjunto de células elementales. Ventajosamente, cada célula elemental comprende un elemento radiante de la segunda hilera y dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera, estando el elemento radiante de la segunda hilera dispuesto para ver los dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera de forma simétrica y en un ángulo recto, mientras que cada elemento radiante de la primera y de la segunda hilera comprende dos dipolos cruzados dispuestos para funcionar en banda ancha y en doble polarización.

50 Según la invención, una tercera hilera de elementos radiantes está montada además sobre el plano de masa, paralelamente a la primera y a la segunda hilera, siendo la tercera hilera capaz de funcionar en una tercera banda de frecuencias y dispuesta de manera que la segunda hilera esté interpuesta a igual distancia entre la primera hilera y la tercera hilera, mientras que cada célula elemental comprende además dos elementos radiantes de la tercera hilera,

estando el elemento radiante de la segunda hilera dispuesto para ver los dos elementos radiantes adyacentes de la tercera hilera de forma simétricamente y en un ángulo recto.

Cada elemento radiante de la tercera hilera puede comprender dos dipolos cruzados dispuestos para funcionar en banda ancha y en doble polarización.

- 5 Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes en la descripción detallada a continuación, realizada en referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:
- las figuras 1A a 1C representan diversas configuraciones de antenas en red multibanda,
  - la figura 2A es una vista esquemática desde arriba de una célula elemental de la antena en red según un primer modo de realización de la invención,
  - 10 - la figura 2B es una vista esquemática desde arriba de un elemento radiante apropiado para utilizarlo en la primera, en la segunda y en la tercera hilera, según el primer modo de realización de la invención,
  - la figura 3 es una vista esquemática desde arriba de dos células elementales adyacentes de la antena en red según un segundo modo de realización de la invención,
  - 15 - la figura 4 es una vista esquemática desde arriba de una célula elemental de la antena en red según un tercer modo de realización de la invención,
  - la figura 5 es una vista en sección transversal de una célula elemental de acuerdo con la invención,
  - la figura 6 es una vista esquemática desde arriba del conjunto de la antena en red según el segundo modo de realización de la invención,
  - 20 - la figura 7 es una vista esquemática desde arriba de un elemento radiante apropiado para utilizarlo en la primera hilera y en la tercera hilera, según el segundo o el tercer modo de realización de la invención,
  - la figura 8 es una vista esquemática desde arriba de un elemento radiante apropiado para ser utilizado en la segunda hilera, según el tercer modo de realización de la invención,
  - 25 - la figura 9 es una vista esquemática desde arriba de una célula elemental de una antena en red bibanda, no de acuerdo con la invención,
  - las figuras 10 y 11 son vistas esquemáticas frontales de ejemplos de tabiques transversales principales,
  - 30 - la figura 12 es una vista esquemática desde arriba de un elemento radiante apropiado para utilizarlo en la segunda hilera, según otro modo de realización de la invención,
  - la figura 13 es una variante de realización del elemento radiante de la figura 2,
  - la figura 14 es una representación esquemática de los diagramas de radiación en el plano horizontal de una antena de polarizaciones lineales dobles y ortogonales, y
  - 35 - la figura 15 representa una variante de realización de una célula elemental de una antena en red de acuerdo con la invención.

Los dibujos contienen, esencialmente, los elementos de carácter seguro. Estos podrán servir no solamente para hacer entender mejor la descripción, sino también contribuir a la definición de la invención, llegado el caso.

40 La figura 1C representa una configuración en «hileras una al lado de otra» de una antena en red multibanda, en particular de una red tribanda, véase por ejemplo la patente US-A1-2002/ 0140618.

45 La antena en red multibanda 1 comprende tres hileras de elementos radiantes monobanda independientes 10, 20 y 30 dispuestas una al lado de otra, paralelas, y orientadas siguiendo la dirección del eje longitudinal AA', que es generalmente vertical con respecto al suelo. La primera hilera de elementos radiantes 10 funciona en una primera banda de frecuencias, en particular en la banda de frecuencias DCS ([1710 MHz, 1880 MHz]). La tercera hilera de elementos radiantes 30 funciona en una tercera banda de frecuencias, en particular en la banda de frecuencias UMTS ([1920 MHz, 2170 MHz]). La segunda hilera de elementos radiantes 20 funciona en una segunda banda de frecuencias, generalmente más baja que la primera y la tercera banda de frecuencias, en particular en la banda de frecuencias GSM ([870 MHz, 960 MHz]). Ésta se interpone entre la primera y la tercera hilera.

Estas tres hileras se disponen en un mismo plano de masa conductor o reflector 4.

5 La figura 1 A representa una configuración en "hileras imbricadas" en la cual la primera hilera 10' y la tercera hilera 30' son mixtas: en cada una de estas hileras, un elemento radiante DCS de la primera banda de frecuencias viene seguido por un elemento radiante UTMS de la tercera banda de frecuencias. La segunda hilera 20' de elementos radiantes GSM de la segunda banda de frecuencias se interpone entre la primera y la tercera hilera. Esta configuración presenta el inconveniente de necesitar una separación reducida entre un elemento radiante de la primera hilera 10'A y el elemento opuesto de la tercera hilera 30'A y entre un elemento radiante de la primera hilera 10'A y el elemento radiante de la misma banda de frecuencias más cercano en la tercera hilera 30'B. Esta separación reducida debe ser, en efecto, normalmente inferior a  $0,33 \lambda$ , donde  $\lambda$  es la longitud de onda en la primera o en la tercera banda de frecuencias y no permite, por lo tanto, prácticamente interponer unos elementos radiantes bipolarizados, como por ejemplo unos dipolos cruzados de tipo semiondas.

15 La figura 1B representa una configuración en "hileras superpuestas" en la cual las tres hileras se superponen siguiendo una dirección longitudinal AA' de manera que los elementos radiantes UMTS de la tercera hilera 30" y los elementos radiantes GSM de la segunda hilera 20" estén superpuestos sobre una primera parte 100, por ejemplo el elemento 30"A y el elemento 20"B, y que los elementos radiantes DCS de la primera hilera 10" y elementos radiantes GSM de la segunda hilera 20" estén superpuestos sobre una segunda parte 200, por ejemplo el elemento 10"A y el elemento 20"A. Esta configuración presenta el inconveniente de necesitar una altura de antena demasiado grande, particularmente para una antena tribanda para la cual el número de elementos radiantes DCS y UMTS requeridos es superior al número de elementos radiantes GSM. Por ejemplo para una antena tribanda que tenga 9 elementos GSM, 9 elementos DCS y 9 elementos UMTS, la altura de la antena sería normalmente de alrededor de 2600 mm, que es el límite superior generalmente tolerado por los operadores de telecomunicaciones móviles. Por el contrario, si el número de elementos UMTS y DCS debe superar los 12 para una mayor directividad en estas bandas de frecuencias, la altura de la antena pasaría a 3600 mm.

25 De este modo, la configuración en "hileras una al lado de otra" de la figura 1C es preferible a las configuraciones en "hileras imbricadas" o en "hileras superpuestas" ya que ésta no está sometida ni a la restricción de separación reducida entre los elementos radiantes, ni a la restricción de altura de antena importante. Ésta ofrece la posibilidad de modular fácilmente el número de elementos radiantes en función de la necesidad de directividad de antena en cada una de las bandas de frecuencia, independientemente de las otras bandas de frecuencia. Además, ésta ofrece la ventaja decisiva de permitir la desviación independiente de cada haz constituido en el plano vertical por cada una de las redes (o hileras) que componen la antena multibanda. Esta desviación del haz (o "tilt" en inglés) de una red dada se obtiene en efecto mediante un medio eléctrico que consiste en crear un desfase constante entre los elementos radiantes sucesivos de esta red, evitando de este modo una inclinación mecánica del conjunto de la antena multibanda.

35 La antena en red multibanda de acuerdo con la invención se basa en una configuración en "hileras una al lado de otra". Sin embargo, en las realizaciones clásicas basadas en esta configuración en "hileras una al lado de otra", se observa a menudo un fenómeno de estrabismo ("*Squint effect*") de los diagramas de radiación en el plano horizontal (plano transversal al reflector) vinculado a la ausencia de simetría de la estructura de las redes. Este fenómeno se manifiesta mediante unos diagramas de radiación horizontales no simétricos. Por otro lado, en las antenas multibanda en red clásicas que tienen una configuración en «hileras una al lado de otra», igualmente puede surgir un problema de acoplamiento mutuo fuerte entre las vías ortogonales de polarización de una misma hilera de una antena multibanda, llamado acoplamiento intrabanda y/o entre las diferentes hileras de una antena multibanda, llamado acoplamiento interbanda.

40 Estos desacoplamientos son habitualmente del orden de 20dB y generalmente inferiores a 25dB, mientras que en muchas aplicaciones, particularmente en Telecomunicaciones con los móviles, se requiere tener al menos 30dB.

45 La invención propone mejorar el desacoplamiento entre las vías ortogonales de polarización de la primera hilera (DCS), de la segunda hilera (GSM) y de la tercera hilera (UMTS), así como la simetría de los diagramas de radiación de la antena.

50 La antena en red multibanda de acuerdo con la invención comprende un conjunto de células elementales, alineadas siguiendo la dirección del eje longitudinal AA', y que corresponden a una disposición seleccionada de las tres hileras de elementos radiantes 10, 20 y 30 de la figura 1C. Los ejes respectivos de la primera, segunda y tercera hilera son paralelos al eje longitudinal AA'.

55 La figura 2A es una vista desde arriba de una célula elemental 5 de la antena en red 1, según un primer modo de realización de la invención. Cada célula elemental de una antena en red multibanda de acuerdo con la invención comprende un elemento radiante de la segunda hilera 20C y dos elementos radiantes 10A y 10B de la primera hilera. El elemento radiante de la segunda hilera 20C ve de este modo a los elementos radiantes 10A y 10B de la primera hilera simétricamente y en un ángulo recto. Los elementos radiantes de la primera hilera 10 y de la segunda hilera 20 son dipolos cruzados de banda ancha y de doble polarización.

Cada célula elemental de una antena en red multibanda de acuerdo con la invención comprende además dos

elementos radiantes 30A y 30B de la tercera hilera. El elemento radiante de la segunda hilera 20C ve igualmente a los elementos radiantes 30A y 30B de la tercera hilera de forma simétrica y en un ángulo recto.

En lo sucesivo la descripción se realizará en primer lugar en referencia a una antena en red tribanda.

5 Tal como se ha indicado anteriormente, la primera hilera de elementos radiantes 10 funciona en una primera banda de frecuencias, particularmente en la banda de frecuencias DCS ([1710 MHz, 1880 MHz]), la tercera hilera de elementos radiantes 30 funciona en una tercera banda de frecuencias, particularmente en la banda de frecuencias UMTS ([1920 MHz, 2170 MHz]) y la segunda hilera de elementos radiantes 20 funciona en una segunda banda de frecuencias, generalmente más baja que la primera y la tercera banda de frecuencias, particularmente en la banda de frecuencias GSM ([870 MHz, 960 MHz]).

10 La banda de frecuencias de la primera hilera 10 puede ser sensiblemente superior a la banda de frecuencias de la segunda hilera 20.

La banda de frecuencias de la tercera hilera 30 puede ser sensiblemente superior a la banda de frecuencias de la segunda hilera 20.

15 En particular, la relación entre la frecuencia central de la banda de frecuencias de la primera hilera 10 y la frecuencia central de la banda de frecuencias de la segunda hilera 20 está sensiblemente comprendida entre 1,5 y 2,5.

Del mismo modo, la relación entre la frecuencia central de la banda de frecuencias de la tercera hilera 30 y la frecuencia central de la banda de frecuencias de la segunda hilera 20 puede estar prácticamente comprendida entre 1,5 y 2,5.

20 En lo sucesivo en la descripción, se hará referencia a las bandas de frecuencias DCS, UMTS y GSM, a título de ejemplo no limitativo.

La figura 2A presenta un contorno cuadrado "virtual" 9 en línea de puntos, que delimita la célula elemental 5. En los vértices del cuadrado virtual S1, S2, S3 y S4 se disponen los dos elementos radiantes 10A y 10B de la primera hilera y los dos elementos radiantes de la tercera hilera 30A y 30B. Por otro lado, el elemento radiante de la segunda hilera 20C se dispone en el centro del cuadrado virtual. Cada elemento radiante de la tercera hilera comprende igualmente dos dipolos cruzados dispuestos para funcionar en banda ancha y en doble polarización.

La segunda hilera 20 está interpuesta a igual distancia de la primera hilera 10 y de la tercera hilera 30.

Los elementos radiantes de la primera hilera y los elementos de la tercera hilera pueden ser del mismo tipo y en particular idénticos.

30 En el ejemplo de la figura 2A, cada uno de los elementos radiantes de la primera, segunda y tercera hilera 10A, 10B, 30A, 30B y 20C es del tipo dipolo cruzado semionda clásico dispuesto por encima del reflector a una altura del orden de un cuarto de onda. Dicho elemento radiante de doble polarización está representado en la figura 2B. El elemento radiante comprende dos dipolos radiantes 6 y 7 constituidos cada uno por dos filamentos de conductores colineales 6a-6b y 7a-7b. Los dos filamentos 6a-6b (respectivamente 7a-7b) de cada par están alineados en un mismo eje de alineamiento  $\Delta$  ( $\Delta'$ ) y los ejes de alineamiento de los dos pares de filamentos se cortan en ángulo recto en un punto de cruce 0. Los ejes de alineamiento de los dos pares de hebras corresponden a las dos vías ortogonales de polarización desplazadas en un ángulo de  $\pm 45^\circ$  con respecto al eje longitudinal AA'. El elemento radiante comprende además un dispositivo clásico de alimentación de los dipolos 6 y 7 de tipo simetrizador.

40 En la célula representada en la figura 2A, el elemento radiante de la segunda hilera 20C presenta unas dimensiones físicas superiores a las de los elementos radiantes de la primera hilera 10A y 10B. Estas dimensiones están vinculadas a la longitud de onda en la banda de frecuencias de funcionamiento de la segunda hilera 20. Los elementos radiantes de la tercera hilera 30A y 30B presentan unas dimensiones prácticamente iguales a las de los elementos radiantes de la primera hilera 10A y 10B. Además, cada elemento radiante se dispone de modo que los ejes de alineamiento  $\Delta$  ( $\Delta'$ ) respectivos de los dos pares de filamentos estén orientados a  $45^\circ$  con respecto al eje longitudinal AA'. Además, los filamentos del elemento radiante central de la segunda hilera 20C pueden prolongarse por encima de los otros elementos radiantes de la célula 10A, 10B, 30A y 30B.

45 En particular, el paso P 1 entre dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera 10, por ejemplo entre los elementos 10A y 10B, es sensiblemente el mismo que el paso P3 entre dos elementos radiantes adyacentes de la tercera hilera 30, por ejemplo entre los elementos 30A y 30B.

50 Por otro lado, la disposición de la primera hilera 10 (DCS) y de la tercera hilera 30 (UMTS) con respecto a la segunda hilera central 20 (GSM), así como la separación transversal Q entre la primera hilera y la tercera hilera 10 y 30 presentan una gran influencia sobre el desacoplamiento entre estas dos hileras de elementos radiantes por un lado y entre las dos polarizaciones ortogonales de una misma hilera por el otro, en particular entre las polarizaciones ortogonales de los elementos radiantes de la segunda hilera 20.

La separación Q es preferentemente del orden de una longitud de onda en las bandas de frecuencias de funcionamiento de las dos hileras laterales 10 y 30 (hileras DCS y UMTS), con el fin de favorecer el desacoplamiento entre estas dos hileras. Por ejemplo, la separación Q puede ser de 155 mm si se considera la longitud de onda media de la banda completa [1710 MHz, 2170 MHz].

5 En particular, la separación Q entre la primera hilera (DCS) y la tercera hilera (UMTS), puede ser sensiblemente igual al paso P1 entre dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera 10, que puede ser, a su vez, igual al paso P3 entre dos elementos radiantes adyacentes de la tercera hilera 30.

10 Esta disposición simétrica, al igual que la proximidad de los elementos radiantes DCS de la primera hilera 10 y/o UMTS de la tercera hilera 30 con respecto a los elementos GSM de la segunda hilera 20 más cercanos tiene como efecto mejorar significativamente el desacoplamiento entre las dos polarizaciones ortogonales de una misma hilera.

15 La célula elemental representada en la figura 2A, presenta en efecto una simetría con respecto al elemento radiante GSM de la segunda hilera 20C. Las dos diagonales del cuadrado virtual 9 en cuyo centro se dispone el elemento radiante GSM coincidente en efecto con los dos ejes de alineamiento  $\Delta$  y  $\Delta'$  de los pares de filamentos ortogonales 6 y 7 (polarizaciones ortogonales) del elemento radiante GSM. Lo mismo ocurre con los dos ejes de alineamiento de las polarizaciones ortogonales de los elementos DCS de la primera hilera 10A, 10B y de los UMTS de la tercera hilera 30A, 30B.

El hecho de que el paso P1 de la primera hilera 10 (red DCS) sea sensiblemente igual al paso P3 de la tercera hilera 30 (red UMTS) pero también a la separación transversal Q, mejora aún más la simetría.

20 Esta simetría de la célula elemental permite obtener un desacoplamiento entre las dos polarizaciones ortogonales del elemento radiante GSM de la segunda hilera que corresponde prácticamente al desacoplamiento que tendría el elemento radiante GSM si el estuviera aislado. Un desacoplamiento superior a 30 dB puede observarse en la banda de frecuencias GSM. Del mismo modo, un desacoplamiento superior a 30dB puede observarse entre las dos polarizaciones ortogonales de los elementos radiantes de la primera hilera 10 en la banda DCS, y un desacoplamiento superior a 29dB puede observarse entre las dos polarizaciones ortogonales de los elementos radiantes de la tercera hilera 30 en la banda UMTS. Además, el desacoplamiento entre los elementos radiantes DCS de la primera hilera y UMTS de la tercera hilera puede ser superior a 28dB en la banda DCS y superior a 30dB en la banda UMTS, todas polarizaciones se confunden (vías de polarización paralelas y ortogonales). Además, para la estructura de la figura 2A, los anchos de media potencia de los diagramas de radiación horizontales se observan a alrededor de 90° en la banda GSM y alrededor de 65° en las bandas DCS y UMTS.

30 Complementariamente, la relación entre el paso P2 entre dos elementos radiantes adyacentes de la segunda hilera GSM y el paso P1 entre dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera DCS está sensiblemente comprendida entre 1,5 y 2,5, particularmente cuando la banda de frecuencia de la segunda hilera es sensiblemente inferior a la de la primera y de la tercera hilera. En lo sucesivo en la descripción, se considerará que el paso P2 entre los elementos radiantes GSM de la segunda hilera 20 es prácticamente el doble del paso P1 entre dos elementos adyacentes DCS de la primera hilera 10, a título de ejemplo no limitativo.

35 El paso P2 puede seleccionarse particularmente entre 260 mm y 310 mm. Por ejemplo, el paso P2 puede seleccionarse igual a 310 mm, y el paso P1 y P3 a 155 mm.

40 Por otro lado, a menudo se requiere que la abertura de media potencia de los diagramas de radiación, en el plano que es transversal al reflector y perpendicular al eje longitudinal AA' de la antena en red (denominado en lo sucesivo como "plano horizontal"), se sitúe a alrededor de 65°. La Solicitante ha observado que la superficie y la forma de los filamentos radiantes de los elementos DCS de la primera hilera y de los elementos radiantes UMTS de la tercera hilera tienen un efecto sobre la directividad de los diagramas de radiación del elemento central GSM de la segunda hilera, y en particular sobre el ancho de media potencia de los diagramas en el plano horizontal. Por consiguiente, los elementos radiantes DCS y UMTS pueden seleccionarse en función de la abertura deseada de los diagramas de radiación del elemento central GSM en el plano horizontal.

45 La figura 3 es una vista desde arriba de dos células elementales 51 y 52 sucesivas de la antena en red multibanda, según un segundo modo de realización de la invención.

50 Los elementos radiantes DCS de la primera hilera 10 son idénticos a los elementos radiantes UMTS de la tercera hilera 30. Los elementos radiantes GSM de la segunda hilera 20 son todavía de tipo dipolo cruzado semionda como en la figura 2A.

Cada célula 51 (respectivamente 52) comprende un elemento radiante 20C (respectivamente 20E) de la segunda hilera 20 (GSM), dispuesto en el centro de un cuadrado virtual en cuyos vértices están colocados dos elementos radiantes 10A y 10B (respectivamente 10C y 10D) de la primera hilera 10 (DCS) y dos elementos radiantes 30A y 30B (respectivamente 30C y 30D) de la tercera hilera 30 (UMTS).

55 El paso P1 de la primera hilera 10 es sensiblemente igual al paso P3 de la tercera hilera 30 y a la separación Q

entre la primera y la tercera hilera. El paso P2 de la segunda hilera 20 es sensiblemente el doble del paso P1 de la primera hilera.

La figura 7 representa un elemento radiante de la primera o de la tercera hilera. Dicho elemento radiante se ha propuesto en la solicitud de patente francesa N° 0206852.

5 La figura 7 presenta un contorno cuadrado virtual en línea de puntos 71, cuya longitud del lado es "a". En el interior de este cuadrado virtual, el elemento radiante representado comprende cuatro placas radiantes metálicas 2a, 2b, 2c, 2d, de forma cuadrada, cuya longitud del lado es "c". Estas cuatro placas están yuxtapuestas en un mismo plano en el interior del cuadrado virtual 71.

10 Las placas cuadradas 2a y 2c presentan una diagonal común, es decir situada sensiblemente sobre un mismo eje de alineamiento  $\Delta_3$ ; del mismo modo, las placas 2b y 2d presentan una diagonal común, es decir situada prácticamente sobre un mismo eje de alineamiento  $\Delta_4$ . El término "diagonal" se utiliza en este caso en referencia al cuadrado en el cual está inscrita cada placa.

15 Estos ejes de alineamiento  $\Delta_3$ ,  $\Delta_4$ , que constituyen las diagonales comunes a los dos pares de placas respectivos, se cortan en un ángulo recto en un punto de cruce "O" situado entre las placas de cada par o dipolo. En la figura 7, los ejes de alineamiento  $\Delta_3$ ,  $\Delta_4$  constituyen igualmente las diagonales del cuadrado virtual en línea de puntos 71.

20 Los dos pares ortogonales de placas generan de este modo dos campos eléctricos ortogonales entre sí. El par 2a, 2c genera un campo eléctrico paralelo al eje  $\Delta_3$  y el par 2b, 2d genera un campo eléctrico paralelo al eje  $\Delta_4$ . Los planos de polarización forman un ángulo de  $\pm 45^\circ$  con respecto al eje longitudinal VV' de la figura 7, que pasa por el intervalo entre las placas 2a, 2b por un lado y 2c, 2d por el otro.

En particular, las placas 2a, 2b, 2c, 2d pueden estar ahuecadas, y comprender cada una un agujero 79, prácticamente de la misma forma, por ejemplo un agujero circular centrado en el punto de cruce de las diagonales del cuadrado que define cada placa. Esto permite aligerar su peso.

25 Además, las cuatro esquinas exteriores de las placas 2a, 2b, 2c, 2d situadas en las extremidades de los dos ejes de alineamiento  $\Delta_3$  y  $\Delta_4$ , también pueden estar cortadas siguiendo los planos de corte perpendicular a los ejes de alineamiento; este corte es sensiblemente idéntico en las cuatro esquinas para conservar la simetría geométrica de las dos vías de polarización.

30 Dichos elementos radiantes, utilizados en la primera hilera y en la tercera hilera de la figura 3 se disponen de manera que los ejes de alineamiento  $\Delta_3$  y  $\Delta_4$  forman un ángulo de  $45^\circ$  con respecto al eje longitudinal AA'. Los filamentos del elemento radiante central de la segunda hilera 20C (respectivamente 20E) pueden prolongarse además por encima de los otros elementos radiantes de la célula 10A, 10B, 30A y 30B (respectivamente 10C, 10D, 30C y 30D).

35 Para esta configuración, la abertura de media potencia de los diagramas de los elementos radiantes GSM de la segunda hilera 20 en el plano horizontal se sitúa alrededor de  $65^\circ$  en toda la banda de frecuencias GSM (de 870 MHz a 960 MHz). Los diagramas de los elementos radiantes DCS de la primera hilera y de los elementos radiantes UMTS de la tercera hilera 30 presentan igualmente una abertura de media potencia alrededor de  $65^\circ$  en el plano horizontal y en su banda de frecuencias respectiva.

La figura 4 representa una célula 53 según un tercer modo de realización de la invención.

Los elementos radiantes DCS de la primera hilera 10 y los elementos radiantes UMTS de la tercera hilera 30 son del mismo tipo que en la figura 3.

40 La célula 53 comprende un elemento radiante 20C de la segunda hilera 20 (GSM), dispuesto en el centro de un cuadrado virtual 9 en cuyos vértices están colocados dos elementos radiantes 10A y 10B de la primera hilera 10 y dos elementos radiantes 30A y 30B de la tercera hilera 30.

El paso P1 de la primera hilera 10 es sensiblemente igual al paso P3 de la tercera hilera 30 y a la separación Q entre la primera y la tercera hilera.

45 La figura 8 es una vista desde arriba del elemento radiante central 20C de la segunda hilera. La figura 8 presenta un contorno cuadrado virtual en línea de puntos 71', cuya longitud del lado es "a". En el interior de este cuadrado virtual, el elemento radiante representado comprende cuatro placas radiantes metálicas 2a', 2b', 2c', 2d', de la misma forma geométrica y de las mismas dimensiones. Estas cuatro placas están yuxtapuestas en un mismo plano en el interior del cuadrado virtual 71'.

50 Las placas 2a' y 2c' presentan una diagonal común, es decir situada prácticamente sobre un mismo eje de alineamiento  $\Delta_3'$ ; del mismo modo, las placas 2b' y 2d' presentan una diagonal común, es decir situada sensiblemente en un mismo eje de alineamiento  $\Delta_4'$ .

Estos ejes de alineamiento  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$ , que constituyen unas diagonales comunes a uno y otro par de placas, se cortan en ángulo recto en un punto de cruce O' situado entre las placas de cada par o dipolo. En la figura 8, los ejes de alineamiento  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$  crean igualmente las diagonales del cuadrado virtual en línea de puntos 71'.

5 Cada placa comprende una oquedad profunda hacia el interior a partir de las esquinas exteriores que están situadas sobre los ejes de alineamiento  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$ . De este modo, cada placa presenta una forma general de triángulo con una oquedad a partir de la base del triángulo de manera que el elemento radiante presenta una forma general de cruz, cuyas ramas presentan sensiblemente una longitud c'.

10 Los dos pares de placas generan de este modo dos campos eléctricos ortogonales entre sí. El par 2a', 2c' genera un campo eléctrico paralelo al eje  $\Delta_3'$  y el par 2b', 2d' genera un campo eléctrico paralelo al eje  $\Delta_4'$ . Los planos de polarización forman un ángulo de  $\pm 45^\circ$  con respecto al eje longitudinal VV' de la figura 8, que pasa por el intervalo entre las placas 2a', 2b' por un lado y 2c', 2d' por el otro.

En particular, las placas 2a', 2b', 2c', 2d' pueden estar ahuecadas, y comprender, cada una, una perforación 79', prácticamente de la misma forma, para aligerar su peso.

15 Este elemento radiante, utilizado en la segunda hilera 20 de la figura 4, se dispone en la red de modo que sus ejes de alineamiento  $\Delta_3'$ ,  $\Delta_4'$  que definen los planos de polarización forman un ángulo de  $\pm 45^\circ$  con respecto al eje longitudinal AA' de la red.

En otros modos de realización de acuerdo con la invención, el elemento radiante de la figura 8 igualmente puede utilizarse en la primera hilera 10 como elemento radiante DCS y/o en la tercera hilera 30 como elemento radiante UMTS.

20 Según una característica complementaria de la invención, pueden estar previstos unos tabiques metálicos transversales 8. Estos comprenden particularmente unos tabiques transversales elementales 80 entre dos elementos adyacentes de la primera hilera, por ejemplo entre el elemento 10A y 10B, y entre dos elementos adyacentes de la tercera hilera, por ejemplo entre el elemento 30A y 30B. Estos se colocan prácticamente a igual distancia de los elementos adyacentes que separan.

25 Por otro lado, también pueden estar previstos unos tabiques metálicos longitudinales 90, en cada célula elemental, entre un elemento de la primera hilera y el elemento opuesto de la tercera hilera, por ejemplo entre los elementos 10A y 30A, y entre los elementos 10B y 30B. Estos están colocados sensiblemente a igual distancia de los elementos que separan y, por lo tanto, a lo largo del eje de la segunda hilera 20.

30 La figura 5 es una vista en sección transversal de la célula 53 de la figura 4 según el eje BB'. Los tabiques transversales elementales 80 presentan una altura H4 inferior a la altura Z1 de los elementos radiantes 10B de la primera hilera (DCS) y a la altura Z2 de los elementos radiantes 30B de la tercera hilera (UMTS). Del mismo modo, los tabiques longitudinales 90 presentan una altura H3 inferior a la altura Z1 de los elementos radiantes 10B de la primera hilera (DCS) y a la altura Z2 de los elementos radiantes 30B de la tercera hilera (UMTS). La altura Z1 de los elementos radiantes 10B de la primera hilera (DCS) y la altura Z2 de los elementos radiantes 30B de la tercera hilera (UMTS) pueden ser del orden del cuarto de onda en la banda de frecuencias más alta. La altura Z3 de los elementos radiantes (GSM) de la segunda hilera puede ser sensiblemente superior a la altura Z1 de los elementos radiantes 10B de la primera hilera (DCS) y a la altura Z2 de los elementos radiantes 30B de la tercera hilera (UMTS).

El reflector 4 comprende además muretes 41 y 42 en estos bordes. Estos muretes pueden presentar una altura H1 y H2 sensiblemente inferior a la altura de los elementos radiantes de la primera y de la tercera hilera.

40 En particular, la altura H4 de los tabiques transversales elementales 80 puede estar comprendida entre aproximadamente 18 mm y aproximadamente 25 mm, pudiendo ser la altura Z1 de los elementos radiantes 10B de la primera hilera (DCS) igual a la altura Z2 de los elementos radiantes 30B de la tercera hilera (UMTS) y ser del orden de 37 mm. Los tabiques longitudinales 90 pueden tener una altura H3 comprendida entre aproximadamente 18 mm y aproximadamente 25 mm. La altura Z3 de los elementos radiantes de la segunda hilera puede estar comprendida entre 45 55 y 82 mm.

Los tabiques longitudinales 90 permiten mejorar más el desacoplamiento entre la red UMTS (tercera hilera) y la red DCS (primera hilera), particularmente en la banda de frecuencias DCS. Los tabiques transversales elementales 80 permiten mejorar más el desacoplamiento entre las dos polarizaciones ortogonales de una misma red, por ejemplo la red UMTS (tercera hilera) o la red DCS (primera hilera).

50 Los tabiques longitudinales 90 permiten igualmente simetrizar mejor los diagramas de radiación en el plano del reflector, a uno y otro lado del eje principal de radiación, que es perpendicular al plano del reflector.

Tal como se representa en la figura 4, cada elemento radiante de la primera y de la tercera hilera 10A, 10B, 30A y 30B está rodeado de este modo de muretes que comprenden dos tabiques transversales elementales 80, un tabique longitudinal 90 y una parte del murete 41 ó 42 del reflector. Estos muretes forman un cuadrado que tiene un lado



igual a la mitad del paso P1 de la primera hilera, siendo el paso P1 particularmente igual al paso P3 de la tercera hilera.

Los tabiques 80 y 90 pueden estar o no en contacto entre sí, excepto a nivel del elemento radiante central 20C de la segunda hilera y pueden estar o no en contacto con los muretes del reflector, sin que el funcionamiento de la antena resulte sensiblemente modificado.

5 Complementariamente, los tabiques transversales 8 pueden comprender tabiques metálicos principales 800 dispuestos entre dos células elementales adyacentes de la antena en red, por ejemplo entre las células 51 y 52 de la figura 3. Estos tabiques principales 800 pueden extenderse por toda la anchura del reflector 4. Estos pueden estar previstos, por ejemplo, para rigidificar mecánicamente el reflector, si fuera necesario, o también mejorar el desacoplamiento de polarización entre los elementos radiantes adyacentes de la segunda hilera (GSM). Dichos tabiques principales 800 pueden tener una forma de polígono regular, tal como se representa en las figuras 10 y 11. En referencia a la figura 11, cada tabique transversal principal 800 puede comprender una parte central 801 y dos partes periféricas 802 y 803 de altura inferior a la parte central 801.

15 La anchura de la parte central 801 puede ser del orden del cuarto de onda en la banda GSM, por ejemplo 80 mm. La altura Zc de la parte central 801 puede ser sensiblemente inferior a la altura del elemento central GSM, pero sensiblemente superior a la altura de los muretes del reflector 4. Por ejemplo, ésta puede ser igual a 50 mm. La altura Zp de los bordes de las partes periféricas 802 y 803 puede ser sensiblemente igual a la altura de los muretes del reflector.

20 La figura 6 es una vista desde arriba de una antena en red tribanda 1 de acuerdo con la invención. La primera hilera 10 comprende 9 elementos radiantes DCS, la tercera hilera 30 comprende 9 elementos radiantes UMTS y la segunda hilera 20 comprende 9 elementos radiantes GSM.

La célula elemental 5 es del tipo de la representada en la figura 3, y la red comprende unos tabiques transversales 8 y unos tabiques longitudinales 90. Los tabiques transversales 8 comprenden los tabiques elementales 80 y los tabiques principales 800.

25 La anchura del reflector, la cual es generalmente del orden de la longitud de onda en la banda de frecuencias más baja (GSM), puede ser de aproximadamente 260 mm. La longitud del reflector, la cual es proporcional al número de elementos radiantes utilizados y al paso de las hileras, particularmente de la hilera GSM, puede ser del orden de 2600 mm. La abertura de media potencia de los diagramas de radiación horizontales es sensiblemente del orden de 65° en las tres bandas de frecuencias GSM, DCS, UMTS. Las ganancias con respecto al isótropo son sensiblemente del orden de 17dBi en la banda GSM y del orden de 18dBi en las bandas de frecuencias DCS y UMTS.

30 El hecho de utilizar unos elementos radiantes del mismo tipo y sensiblemente idénticos en la primera hilera (DCS) y la tercera hilera (UMTS) presenta la ventaja de suministrar unos diagramas de radiación horizontales en la banda GSM simétricos a uno y otro lado del eje principal de radiación de la antena. La estructura particular de los elementos radiantes de la primera hilera (DCS) y de la tercera hilera (UMTS), descrita en referencia a la figura 7, permite que estas dos hileras funcionen de manera indiferente en una u otra de las dos bandas de frecuencias DCS y UMTS o, en otras palabras, funcionen en una banda ensanchada (DCS-UMTS) que abarca a la vez la banda DCS y la banda UMTS. La antena tribanda presenta de este modo 6 accesos, de los cuales 2 accesos GSM, uno para cada polarización (+45°/-45°), 2 accesos DCS-UMTS y otros 2 accesos DCS-UMTS.

La invención propone además una antena en red bibanda que, por ejemplo, funciona en GSM/UMTS o en GSM/DCS.

40 Cada célula elemental de una red bibanda de acuerdo con la invención comprende un elemento radiante de la segunda hilera y dos elementos radiantes de la primera hilera. El elemento radiante de la segunda hilera ve a los elementos radiantes de la primera hilera de manera sensiblemente simétrica y en un ángulo recto. Los elementos radiantes de la primera hilera y de la segunda hilera son unos dipolos de banda ancha y de doble polarización del tipo de los dipolos descritos anteriormente.

45 En particular, la primera hilera puede comprender unos elementos radiantes UMTS y la segunda hilera puede comprender unos elementos radiantes GSM para una antena GSM/UMTS. Como variante, la primera hilera puede comprender unos elementos radiantes DCS y la segunda hilera puede comprender unos elementos radiantes GSM para una antena GSM/DCS.

50 La Solicitante ha observado, por otro lado, que la arquitectura de la antena en red tribanda descrita anteriormente permite obtener una tal antena bibanda. La Solicitante ha observado en efecto que todas las propiedades radioeléctricas de la antena, el desacoplamiento entre los accesos, los diagramas de radiación, la adaptación de las impedancias, etc., se conservan sensiblemente cuando los elementos radiantes de la primera hilera DCS (para una red bibanda GSM/UMTS) o de la tercera hilera UMTS (para una red bibanda GSM/UMTS) están desconectados pero físicamente presentes, es decir no alimentados. Aunque estas observaciones no estén completamente explicadas hoy en día, se puede pensar que mantienen el débil acoplamiento mutuo entre los elementos radiantes de una hilera y los de otra hilera por un lado y, por otro lado, el fuerte desacoplamiento entre las polarizaciones ortogonales de los

elementos radiantes de una misma hilera, particularmente los elementos centrales GSM, obtenido gracias a la disposición simétrica de las células elementales de la antena tribanda. Debido a ello, la impedancia de carga entre los bornes de alimentación de los elementos radiantes de una de las redes de la antena tribanda, por ejemplo la hilera UMTS, solamente tiene una incidencia reducida sobre las propiedades eléctricas de las otras dos redes (las hileras GSM y DCS en este ejemplo) si ésta es nula (elemento radiante cortocircuitado en sus bornes), si ésta es infinitamente grande (elemento radiante abierto en sus bornes) o si ésta tiene un valor intermedio.

La Solicitante ha observado, además, que estas propiedades eléctricas pueden conservarse sensiblemente sustituyendo los elementos de la primera hilera (para una red bibanda GSM/UMTS) o de la tercera hilera (para una red bibanda GSM/DCS) por unas placas conductoras de forma periférica prácticamente idéntica, del mismo volumen y de la misma disposición.

La figura 9 es una vista desde arriba de una célula elemental 54 de dicha antena bibanda no de acuerdo con la invención, en particular de una antena bibanda GSM/DCS (o GSM/UMTS o GSM/DCS-UMTS en banda ensanchada). La tercera hilera (red UMTS) de la antena tribanda según la invención es sustituida por una hilera de placas 300 de forma sensiblemente idéntica a los elementos radiantes de la tercera hilera 30 descrita anteriormente. La primera hilera 10 comprende elementos radiantes DCS y la segunda hilera 20 comprende unos elementos radiantes GSM. De este modo cada célula elemental 54 comprende dos elementos radiantes DCS, 10A y 10B, dos placas, 300A y 300B, y un elemento GSM, 20C.

El soporte de las placas 300A y 300B puede ser simplemente una columnita metálica o aislante fijada al centro geométrico de las placas y al reflector, siendo la altura de las placas con respecto al reflector la misma que la altura de los elementos radiantes sustituidos. Una antena bibanda constituida de este modo presenta 2 accesos GSM y dos accesos UMTS o DCS o DCS-UMTS (banda ensanchada).

Las antenas multibanda de acuerdo con la invención tienen la ventaja de suministrar la misma calidad de servicio que las antenas monobanda de segunda generación.

Las antenas multibanda de acuerdo con la invención permiten particularmente tener una radiación siguiendo dos polarizaciones ortogonales fuertemente desacopladas en cada banda de frecuencias, inclinadas  $\pm 45^\circ$  con respecto a la dirección longitudinal, favoreciendo de este modo la recepción de las señales en diversidad de polarización. En efecto, las señales móviles recibidas al nivel de una antena son alteradas por un fenómeno de propagación en multitrayecto. Su recepción siguiendo dos polarizaciones ortogonales fuertemente desacopladas permite disponer de dos señales estadísticamente descorrelacionadas cuyo tratamiento aditivo mediante un receptor de diversidad permite mejorar significativamente la relación de señal con respecto a ruido en recepción, que es la principal medida de la calidad de las comunicaciones.

Por otro lado, éstas permiten obtener haces desviables eléctricamente de manera continua e independiente en cada una de las bandas de frecuencias, lo que permite a los operadores de telecomunicación optimizar la cobertura de radio de las redes celulares en cada una de las bandas de frecuencias (GSM, DCS y UMTS). En efecto, la inclinación del haz ("tilt") de una de las redes que componen la antena multibanda puede realizarse por un medio eléctrico de desfase, que consiste en crear un desfase constante entre los elementos radiantes sucesivos de esta red, evitando de este modo una inclinación mecánica de la antena en su conjunto. Dicho medio eléctrico se propone, por ejemplo, en la solicitud de patente francesa N° 0307483.

Las antenas multibanda de acuerdo con la invención tienen, además, la ventaja de suministrar un buen aislamiento entre los accesos ortogonales de la misma banda de frecuencias y entre los accesos interbanda, lo que limita las interferencias entre las señales de fuerte potencia transmitidas por uno de los accesos y las señales de potencia muy reducida recibidas por otro acceso de la antena, interferencias perjudiciales para la calidad de las comunicaciones.

Finalmente, éstas pueden tener una altura y una anchura semejante a las de las antenas monobanda de segunda generación que funcionan en la banda GSM ya desplegadas, lo que minimiza el impacto visual pero igualmente el impacto sobre el medio ambiente. En efecto, una antena de acuerdo con la invención integra dos o tres antenas elementales que operan en dos o tres sistemas de comunicación diferentes (por ejemplo GSM/DCS/UMTS o GSM/DCS). El número de antenas necesario es minimizado de este modo para una estación de base dada. Diferentes operadores pueden compartir, además, la misma antena y por consiguiente el número de sitios de implantación de dichas estaciones es igualmente reducido.

Las figuras 12 y 13 son vistas desde arriba de una variante de realización del elemento radiante de la segunda hilera 20C. La Solicitante ha descubierto que dicho elemento radiante posee unas propiedades que mejoran las prestaciones generales de la antena en red de acuerdo con la invención.

La figura 12 presenta un elemento radiante inscrito en un cuadrado representado en línea de puntos 71". El elemento radiante representado comprende dos dipolos D1 y D2. Cada dipolo D1 y D2 comprende un par de placas conductoras coplanares, de la misma geometría respectivamente {D11, D12} y {D21, D22}. Cada placa D11, D12, D21 y D22 presenta un eje de simetría. Las dos placas D11 y D12 del dipolo D1 están situadas con sus ejes de simetría

sensiblemente alineados siguiendo un mismo eje de alineamiento  $\Delta$ . Del mismo modo, las dos placas D21 y D22 del dipolo D2 están situadas con sus ejes de simetría prácticamente alineados siguiendo un mismo eje de alineamiento  $\Delta'$ .

Los ejes de alineamiento  $\Delta$  y  $\Delta'$  de los dipolos D1 y D2 se cortan en ángulo recto en un punto de cruce O" situado entre las cuatro placas del elemento radiante. Tal como se muestra en las figuras 12 y 13, los ejes de alineamiento  $\Delta$  y  $\Delta'$  coinciden sensiblemente con las diagonales del cuadrado 71" y el punto de cruce O" coincide sensiblemente con el centro del cuadrado 71".

Cada placa de un dipolo, por ejemplo D11, comprende dos ramas laterales p11 y p11' dispuestas de manera que forman una V, sensiblemente abierta a 90°, cuya punta está situada en las proximidades del punto de cruce O" del elemento radiante. La rama lateral p11 se extiende particularmente siguiendo el eje VV' mientras que la rama lateral p11' es sensiblemente perpendicular al eje VV'. Cada placa de un dipolo comprende, además, una rama intermedia denominada a continuación como "filamento", por ejemplo b11, que se extiende entre las dos ramas laterales, siguiendo el eje de alineamiento del dipolo, por ejemplo  $\Delta$ .

Del mismo modo, la placa D12 comprende dos ramas laterales p12 y p12' y un filamento b21, la placa D22 comprende dos ramas laterales p22 y p22' y un filamento b22.

Complementariamente, las ramas laterales de cada placa, por ejemplo las ramas p11 y p11' de la placa D11, pueden estar ahuecadas. De este modo éstas pueden comprender unas perforaciones 79" para reducir su peso. En el modo de realización de la figura 12, las perforaciones de las dos ramas se recortan al nivel del eje de alineamiento  $\Delta$  o  $\Delta'$  correspondiente.

Los dos pares de dipolos D1 y D2 generan, de este modo, dos campos eléctricos ortogonales entre sí. El par D11, D12 genera un campo eléctrico paralelo al eje  $\Delta$  y el par D21, D22 genera un campo eléctrico paralelo al eje  $\Delta'$ . Los planos de polarización constituyen un ángulo de  $\pm 45^\circ$  con respecto al eje longitudinal VV' de las figuras 12 y 13, que pasa por el intervalo entre las placas D11 y D21 por un lado, y D12 y D22 por el otro.

El elemento radiante de las figuras 12 y 13, cuando se utiliza en la segunda hilera 20 (GSM) de la figura 4, se dispone en la red de manera que sus ejes de alineamiento  $\Delta$  y  $\Delta'$  que definen los planos de polarización forman un ángulo de  $\pm 45^\circ$  con respecto al eje longitudinal AA' de la red.

La utilización de dicho elemento radiante en la segunda hilera GSM mejora los diagramas de radiación horizontales de la primera hilera DCS y de la tercera hilera UMTS, con respecto a los modos de realización que utilizan el elemento radiante de la figura 2B o de la figura 8.

En particular, el elemento radiante de las figuras 12 y 13 permite tener una dispersión poco elevada de la abertura de media potencia de los diagramas horizontales, en función de la frecuencia, en las bandas UMTS y DCS. Éste genera, además, un estrabismo relativamente reducido en su banda de frecuencias GSM y permite mejorar la simetría de los diagramas horizontales con respecto al eje principal, en las bandas de frecuencia UMTS y DCS y para los ángulos de inclinación eléctrica del haz global de la antena sensiblemente comprendidos entre 0° y 10° hacia el suelo.

El elemento radiante de la figura 13 es una variante del elemento radiante de la figura 12. Según esta variante, cada rama lateral de una placa, por ejemplo la rama lateral p11 de la placa D11, comprende un ahuecamiento 79"(1) alejado del ahuecamiento 79"(2) de la otra rama lateral p11' de la misma placa. La extremidad del ahuecamiento 79"(1) y la extremidad del ahuecamiento 79"(2), en la zona de conexión de las ramas laterales, están separadas entre sí una distancia al menos igual a la anchura d del filamento b11 de la placa. Esta separación constituye una unión conductora que permite reforzar la resistencia mecánica de los filamentos. La estructura general del elemento radiante de la figura 13 corresponde entonces sensiblemente a la superposición de los filamentos radiantes del elemento radiante de la figura 8 y del elemento radiante de la figura 2B.

Los elementos radiantes de la figura 2B, de la figura 8, de la figura 12 y de la figura 13 pueden estar alimentados o excitados en su centro de manera análoga para crear las dos polarizaciones ortogonales en las dos direcciones diagonales de los elementos radiantes. La alimentación puede comprender unas uniones eléctricas 60, tal como se muestra en la figura 7 y un simetrizador (*balun*) que sirve igualmente de pie de soporte del elemento radiante, tal como se muestra en la figura 5. Dicho dispositivo de alimentación se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente francesa FR 2 840 455, depositada a nombre de la Solicitante.

Los elementos radiantes de la figura 2B, de la figura 8, de la figura 12 y de la figura 13 considerados de manera aislada tienen unas propiedades radioeléctricas cercanas, a saber una abertura de los diagramas prácticamente iguales (alrededor de 65°), una reducida tasa de polarización cruzada, un fuerte desacoplamiento de las dos vías ortogonales de polarización en una banda de frecuencia ancha y una buena adaptación de impedancia en una banda de frecuencia ancha.

Se ha constatado que los elementos radiantes de la figura 12 y de la figura 13, cuando se utilizan en la hilera

central de la red tribanda de acuerdo con la invención, proporcionan unas prestaciones más satisfactorias que los elementos radiantes de la figura 2B y de la figura 8.

En efecto, es evidente que los elementos radiantes de la figura 12 y de la figura 13 no presentan ciertos inconvenientes de los elementos radiantes de la figura 2B y de la figura 8.

5 Más exactamente, se ha observado que el elemento radiante de la figura 2B “perturba” débilmente la radiación de las hileras UMTS y DCS. Esto parece debido a que los filamentos radiantes de dicha disposición están orientados a 45° con respecto al eje de las hileras UMTS y DCS, tal como se representa en la figura 3. Además, se ha observado que los diagramas de radiación presentan, al menos en ciertas situaciones, unos fenómenos de disimetría indeseables en el plano horizontal y en la banda de frecuencia GSM, para los ángulos de inclinación importantes del haz radiado por la antena.

10 Por otro lado, se ha constatado que el elemento radiante de la figura 8 genera unos diagramas de radiación que presentan unos fenómenos de disimetría relativamente débiles en el plano horizontal, en su banda de frecuencia GSM.

15 Es evidente que dicho elemento radiante “perturba” la radiación de las hileras DCS y UMTS, lo que se traduce en una dispersión relativamente importante de la abertura de los diagramas de radiación, en el plano horizontal, en las bandas de frecuencia DCS y UMTS.

Los fenómenos de disimetría se describirán a continuación esquemáticamente en referencia a la figura 14, que ilustra un ejemplo de diagramas de radiación en el plano horizontal de una antena de polarización lineal doble y ortogonal.

20 En la figura 14, la curva C1 corresponde al diagrama de radiación en el plano horizontal para la vía de polarización +45° y la curva C2 corresponde al diagrama de radiación en el plano horizontal para la vía de polarización -45°.

25 Los fenómenos de disimetría pueden comprender un fenómeno de “seguimiento” (“*Tracking*” en inglés) que se traduce en una diferencia de los niveles de potencia emitidos (o recibidos) por la antena, en dos direcciones del plano horizontal, simétricas con respecto al eje principal de radiación XX’.

Por ejemplo, en la curva C1 para la vía de polarización +45°:

- el nivel relativo de potencia es de aproximadamente -2,2 dB, en la dirección de azimut -30°, mientras que el nivel de potencia es de -0,9 dB, en la dirección de azimut simétrica +30°, lo que corresponde a un “seguimiento” T1’ de 1,3 dB aproximadamente;
- 30 - el nivel de potencia es de aproximadamente -6,7 dB, en la dirección de azimut -60°, mientras que el nivel de potencia es de -4 dB, en la dirección de azimut simétrica +60°, lo que corresponde a un “seguimiento” T1 de 2,7 dB aproximadamente.

En particular, se ha observado que los fenómenos de disimetría aumentan con el ángulo de inclinación eléctrica del haz de la antena.

35 Los fenómenos de disimetría pueden comprender, además, un fenómeno de “estrabismo” (“*squint*” en inglés). El estrabismo aparece cuando el máximo de la radiación no se encuentra en el eje principal. Éste se traduce en la diferencia de azimut S entre el punto de potencia máxima del diagrama de radiación y el eje principal XX’.

40 De manera clásica, para una antena de polarización lineal, los fenómenos de disimetría mencionados anteriormente solamente se constatan en los planos diferentes de los planos principales de polarización de la antena. Los planos principales de polarización de la antena comprenden el plano que contiene el campo eléctrico E, llamado “plano E”, y el plano que contiene el campo magnético H, llamado “plano H”. El plano E y el plano H son ortogonales.

45 Por ejemplo, en la figura 3, uno de los planos principales de polarización contiene el eje  $\Delta$  mientras que el otro plano contiene el eje  $\Delta'$ . Los planos principales de polarización están, por lo tanto, inclinados a +45° y a -45° con respecto al plano vertical que contiene el eje AA’. Los fenómenos de disimetría pueden constatarse, por lo tanto, en el plano horizontal o en el plano vertical que contiene al eje AA’. En particular, es evidente que los fenómenos de disimetría son generalmente más molestos en el plano horizontal que en el plano vertical.

50 Por otro lado, se ha podido observar que el diagrama de radiación C1 de la vía de polarización +45° es generalmente simétrico al diagrama de radiación C2 de la vía de polarización -45° con respecto al eje principal. En dichas condiciones, el seguimiento T1 en el diagrama de radiación C1 de la vía de polarización +45°, para una dirección dada, es generalmente sensiblemente igual al seguimiento T2 en el diagrama de radiación C2 de la otra vía de polarización a -45°, para la dirección simétrica.

Esto tiene particularmente el efecto de que la diferencia de nivel de potencia entre dos puntos A1 y A1’ del

diagrama de radiación de una misma vía de polarización, por ejemplo C1, situados en las direcciones respectivas  $\alpha$  y  $\alpha'$  simétricas con respecto al eje principal es sensiblemente igual a la diferencia de nivel de potencia, entre un punto A1 del diagrama de radiación C1 de una de las vías de polarización y un punto A2 del diagrama de radiación C2 de la otra vía de polarización, situados los dos en una de las direcciones  $\alpha$  y  $\alpha'$ . Por ejemplo:

- 5
- en las direcciones simétricas  $+30^\circ$  y  $-30^\circ$ , la diferencia de nivel de potencia de la vía de polarización a  $+45^\circ$  es de aproximadamente 1,3 dB, y
  - en la dirección  $+30^\circ$ , la diferencia de nivel de potencia de la vía de polarización a  $+45^\circ$  y el nivel de potencia de la vía de polarización a  $-45^\circ$  es igualmente de 1,3 dB.

10 Por consiguiente, la diferencia de nivel de potencia, entre un punto A1 del diagrama de radiación C1 de una de las vías de polarización y un punto A2 del diagrama de radiación C2 de la otra vía de polarización, situados los dos en una misma dirección es, generalmente, calificada también como fenómeno de "seguimiento".

Ciertos elementos radiantes presentan, según su estructura, un fenómeno de "seguimiento" más marcado que otros, en la banda de frecuencias donde ellos funcionan.

15 En el modo de realización tribanda de la invención, se ha constatado que los fenómenos de disimetría en la banda GSM dependen del tipo de elemento radiante GSM utilizado en la hilera central. En las bandas UMTS y/o DCS, parece que los fenómenos de disimetría resultan de la estructura general de la propia antena, y en particular de la configuración en red. Se ha observado que es posible atenuar estos fenómenos de disimetría utilizando los elementos radiantes de la figura 12 o de la figura 13 en la hilera central de la red.

20 Los elementos radiantes de las figuras 12 y 13 pueden igualmente utilizarse como elementos radiantes DCS en la primera hilera 10 y como elementos radiantes UMTS en la tercera hilera 30. Para ello, estos elementos radiantes deben estar dimensionados para funcionar en la banda de frecuencia correspondiente (DCS y/o UMTS). En el modo de realización de la figura 15 que representa un ejemplo de célula elemental 55, los elementos radiantes de las figuras 12 y 13 se utilizan en las tres hileras 10, 20 y 30. Se ha constatado que dicho modo de realización proporciona unas prestaciones satisfactorias.

25 Algunos elementos descritos en el marco de la presente invención pueden tener un interés particular cuando son considerados separadamente. Éste es el caso particularmente del elemento radiante en forma general de cruz descrito en referencia a la figura 8 que posee unas propiedades eléctricas de banda ancha en términos de impedancia y de desacoplamiento entre las dos polarizaciones ortogonales y de radiación. Éste es igualmente el caso de los elementos radiantes de las figuras 12 y 13, que poseen no solamente propiedades eléctricas de banda ancha en términos de impedancia y de desacoplamiento entre las dos polarizaciones ortogonales y de radiación, sino que generan también un fenómeno de "seguimiento" aceptable.

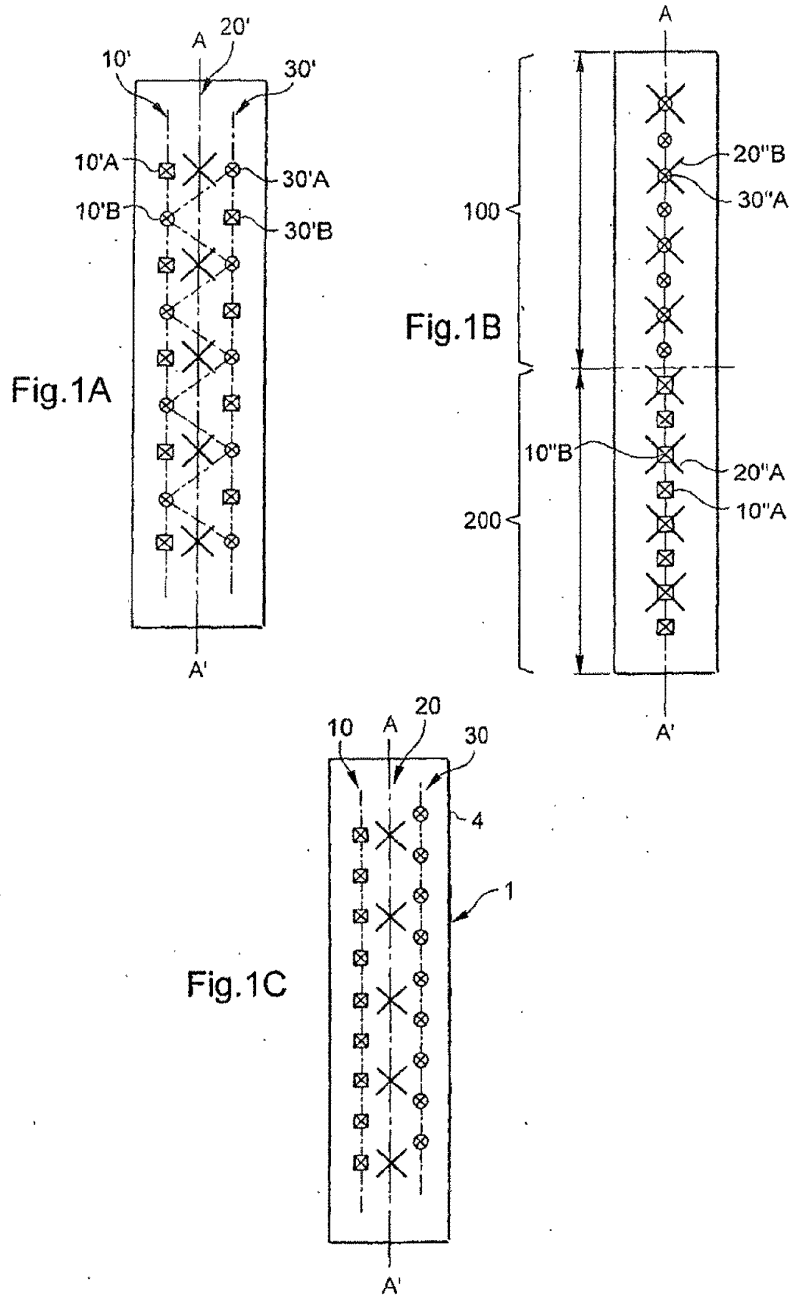
30 Por otro lado, la invención no está limitada a los modos de realización descritos anteriormente. La invención engloba todas las variantes de realización que podría prever el especialista en la técnica. En particular, los elementos radiantes de la tercera hilera no están limitados a los tipos de dipolos cruzados de banda ancha y de doble polarización descritos.

35

REIVINDICACIONES

1. Antena en red, que comprende un plano de masa (4) en el que están montadas al menos:
  - una primera hilera de elementos radiantes (10) capaz de funcionar en una primera banda de frecuencias,
  - una segunda hilera de elementos radiantes (20), adyacente y paralela a la primera hilera, y capaz de funcionar en una segunda banda de frecuencias, estando la primera y la segunda hilera dispuestas para constituir un conjunto de células elementales (5, 51, 52, 53),
  - una tercera hilera (30) de elementos radiantes, paralelamente a la primera hilera (10) y a la segunda hilera (20), siendo la tercera hilera capaz de funcionar en una tercera banda de frecuencias y estando dispuesta de manera que la segunda hilera se interponga a igual distancia entre la primera hilera y la tercera hilera, comprendiendo cada célula elemental (5) un elemento radiante de la segunda hilera (20C), dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera (10A, 10B), y dos elementos radiantes de la tercera hilera (30A, 30B), donde cada elemento radiante de la primera y de la segunda hilera comprende dos dipolos cruzados dispuestos para funcionar en banda ancha y en doble polarización,
- 5 **caracterizada porque** el elemento radiante de la segunda hilera se dispone para ver a los dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera de forma simétricamente y en un ángulo recto, y **porque** el elemento radiante de la segunda hilera se dispone, además, para ver a los dos elementos radiantes adyacentes de la tercera hilera simétricamente y en un ángulo recto.
- 15 2. Antena en red según la reivindicación 1, **caracterizada porque** cada elemento radiante de la tercera hilera comprende dos dipolos cruzados dispuestos para funcionar en banda ancha y en doble polarización.
- 20 3. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada porque** la relación entre el paso entre dos elementos radiantes adyacentes de la segunda hilera (P2) y el paso entre dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera (P1) está sensiblemente comprendida entre 1,5 y 2,5.
- 25 4. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** el paso entre dos elementos radiantes adyacentes de la tercera hilera (P3) es sensiblemente igual al paso entre dos elementos radiantes adyacentes de la primera hilera (P1).
5. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** la separación entre la primera hilera y la tercera hilera (Q) es sensiblemente igual al paso de la primera hilera (P1).
- 30 6. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** cada dipolo de un elemento radiante de la primera hilera comprende un par de placas conductoras coplanares (2a, 2b, 2c, 2d), de la misma geometría y en forma general de cuadrado, estando las dos placas de cada par situadas con sus diagonales sensiblemente alineadas en un mismo eje de alineamiento para cada par ( $\Delta_3, \Delta_4$ ), cortándose los ejes de alineamiento respectivos de los dos pares de placas en ángulo recto en un punto de cruce (O) situado entre las placas de cada par, y **porque** los elementos radiantes de la primera hilera se disponen de manera que los ejes de alineamiento respectivos de los dos pares de placas estén orientados a 45° con respecto al eje definido por la primera hilera.
- 35 7. Antena en red según la reivindicación 6, **caracterizada porque** las placas (2a, 2b, 2c, 2d) de un elemento radiante de la primera hilera están ahuecadas interiormente.
8. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** los elementos radiantes de la primera hilera (10) y de la tercera hilera (30) son del mismo tipo.
- 40 9. Antena en red según la reivindicación 8, **caracterizada porque** los elementos radiantes de la primera hilera (10) y de la tercera hilera (30) son sensiblemente idénticos.
- 45 10. Antena en red según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada dipolo de un elemento radiante de una al menos de las hileras (10, 20,30) comprende un par de placas conductoras coplanares, de la misma geometría, presentando cada placa un eje de simetría y estando las dos placas de cada dipolo situadas con sus ejes de simetría sensiblemente alineados siguiendo un mismo eje de alineamiento ( $\Delta, \Delta', \Delta_3, \Delta_4'$ ), cortándose los ejes de alineamiento de los dos dipolos en ángulo recto en un punto de cruce (O, O', O'') situado entre las placas de cada par, y **porque** los elementos radiantes de dicha hilera se disponen de manera que los ejes de alineamiento respectivos ( $\Delta, \Delta'$ ) de los dos pares de placas estén sensiblemente orientados a 45° con respecto al eje definido por la hilera.
- 50 11. Antena en red según la reivindicación 10, **caracterizada porque** cada placa (2a', 2b', 2c', 2d') de un dipolo del elemento radiante tiene una forma general de triángulo y comprende una oquedad hacia el interior a partir de la base del triángulo.
12. Antena en red de antena según la reivindicación 11, **caracterizada porque** cada placa (2a', 2b', 2c', 2d') de un dipolo del elemento radiante está ahuecada interiormente.

13. Antena en red según la reivindicación 10, **caracterizada porque** cada placa de un dipolo del elemento radiante comprende un filamento que se extiende a partir del punto de cruce (O') siguiendo el eje de alineamiento del dipolo ( $\Delta$ ,  $\Delta'$ ).
- 5 14. Antena en red según la reivindicación 10, **caracterizada porque** cada placa de un dipolo del elemento radiante comprende dos ramas laterales (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') dispuestas para constituir una V, sensiblemente abierta a 90°, cuya punta está situada en las proximidades del punto de cruce (O") del elemento radiante, y una rama intermedia (b11, b12, b21, b22) que se extiende entre las dos ramas laterales, siguiendo el eje de alineamiento del dipolo.
- 10 15. Antena en red según la reivindicación 14, **caracterizada porque** cada una de las ramas laterales (p11, p11'; p12, p12'; p21, p21'; p22, p22') de una placa del elemento radiante comprende un ahuecamiento interior (79", 79"(1), 79"(2)).
- 15 16. Antena en red según la reivindicación 15, **caracterizada porque** los ahuecamientos respectivos (79"(1), 79"(2)) de las dos ramas laterales de cada placa están alejados, siendo la distancia (d) que separa los ahuecamientos respectivos de las dos ramas laterales al menos igual a la anchura de la rama intermedia de la placa, a nivel de la punta de la V formada por dichas ramas laterales.
17. Antena en red según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada elemento radiante de la primera hilera está separado de un elemento radiante adyacente de la misma hilera por un tabique transversal elemental (80).
- 20 18. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizada porque** cada elemento radiante de la tercera hilera está separado de un elemento radiante adyacente de la misma hilera por un tabique transversal elemental (80).
19. Antena en red según una de las reivindicaciones 17 y 18, **caracterizada porque** cada tabique transversal elemental está colocado sensiblemente a igual distancia de los elementos radiantes que él separa.
- 25 20. Antena en red según una de las reivindicaciones 17 a 19, **caracterizada porque** la altura de cada tabique transversal elemental es inferior a la altura de los elementos radiantes que él separa.
21. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 20, **caracterizada porque** cada elemento radiante de la primera hilera está separado del elemento radiante opuesto de la tercera hilera por un tabique longitudinal (90).
22. Antena en red según la reivindicación 21, **caracterizada porque** cada tabique longitudinal está colocado sensiblemente a igual distancia de los elementos radiantes que él separa.
- 30 23. Antena en red según la reivindicación 22, **caracterizada porque** la altura de cada tabique longitudinal es inferior a la altura del elemento radiante de la primera hilera y a la altura del elemento radiante opuesto de la tercera hilera.
24. Antena en red según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la banda de frecuencias de la primera hilera (10) es sensiblemente superior a la banda de frecuencias de la segunda hilera (20).
- 35 25. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 24, **caracterizada porque** la banda de frecuencias de la tercera hilera (30) es sensiblemente superior a la banda de frecuencias de la segunda hilera (20).
26. Antena en red según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la relación entre la frecuencia central de la banda de frecuencias de la primera hilera (10) y la frecuencia central de la banda de frecuencia de la segunda hilera (20) está prácticamente comprendida entre 1,5 y 2,5.
- 40 27. Antena en red según una de las reivindicaciones 1 a 26, **caracterizada porque** la relación entre la frecuencia central de la banda de frecuencias de la tercera hilera (30) y la frecuencia central de la banda de frecuencias de la segunda hilera (20) está sensiblemente comprendida entre 1,5 y 2,5.





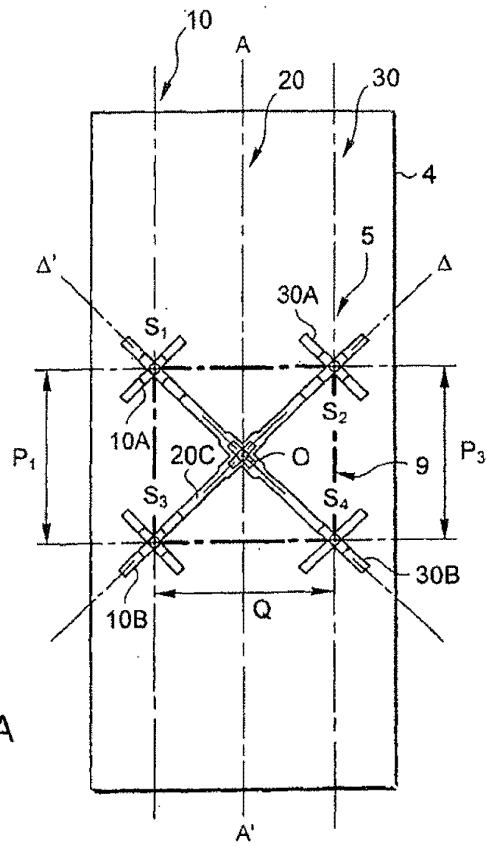


Fig.2A

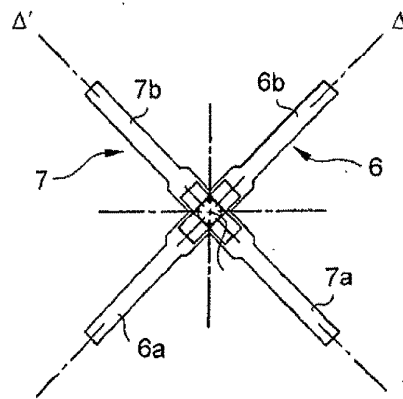


Fig.2B

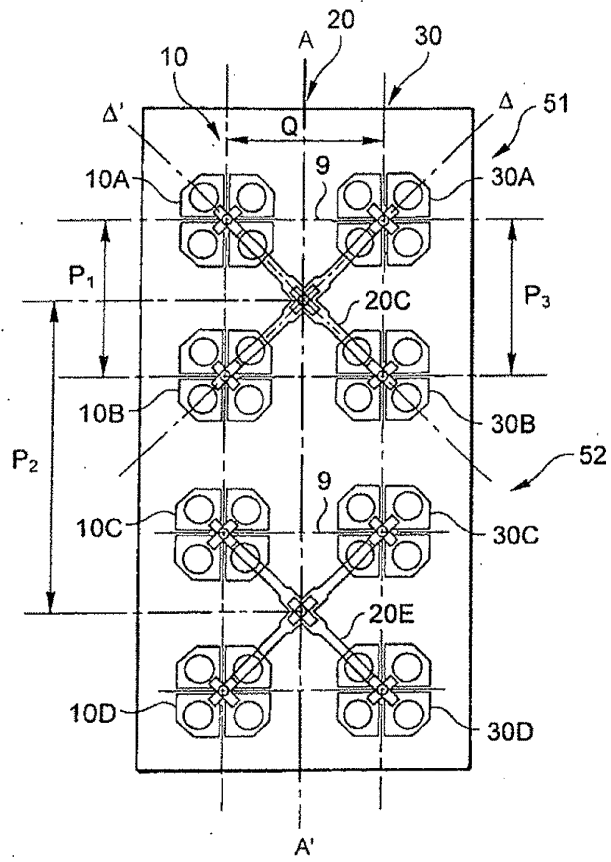
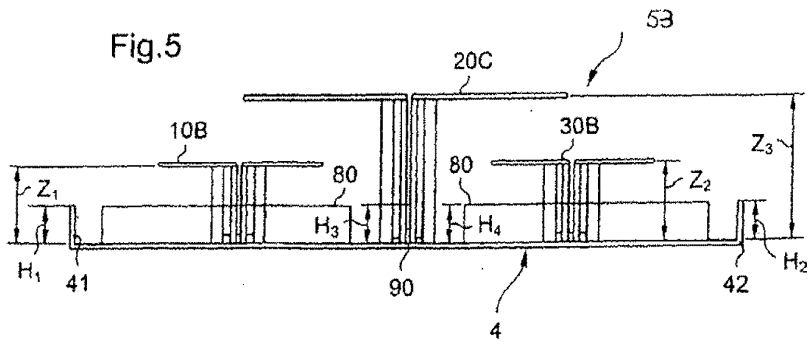
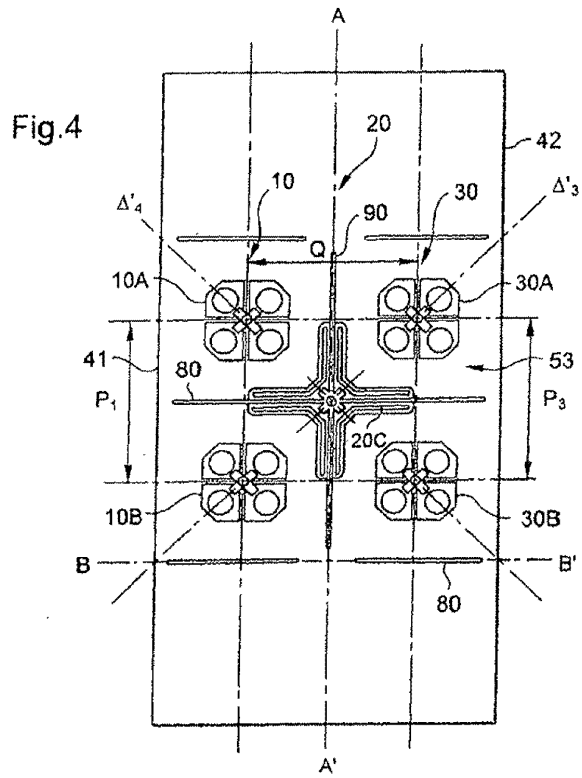


Fig.3



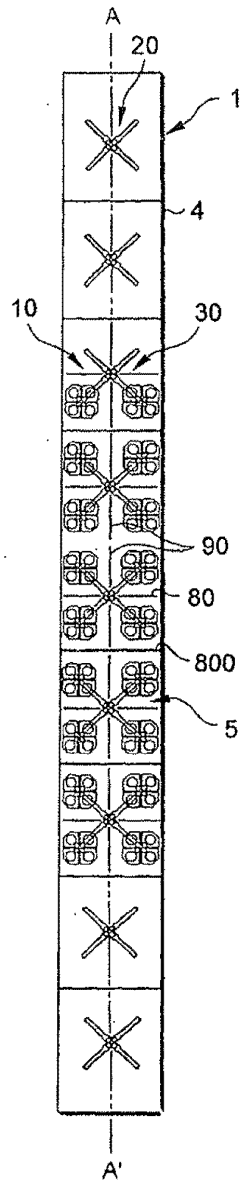


Fig.6

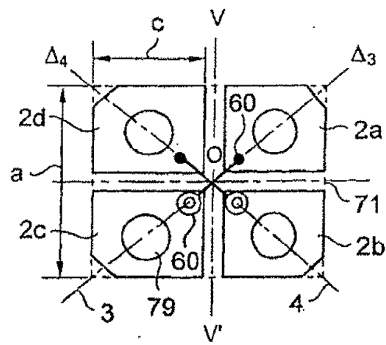


Fig.7

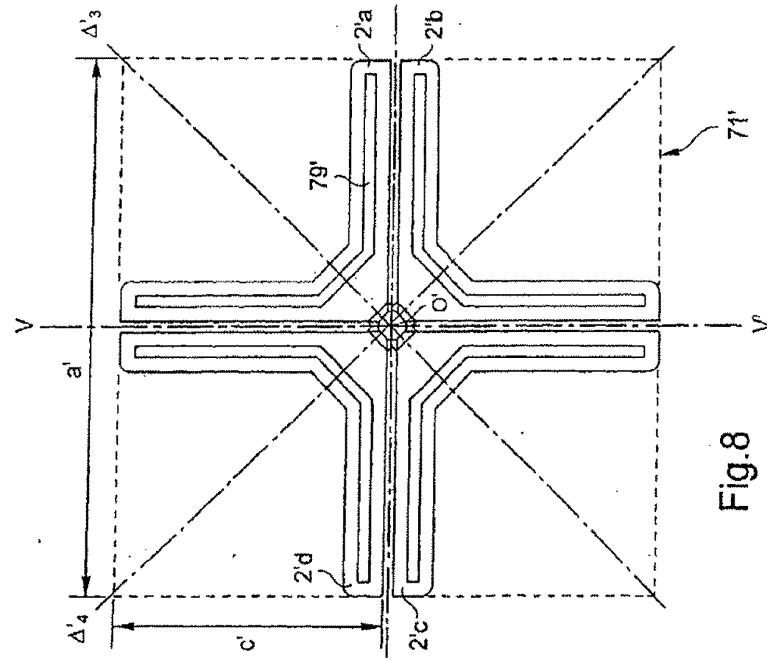
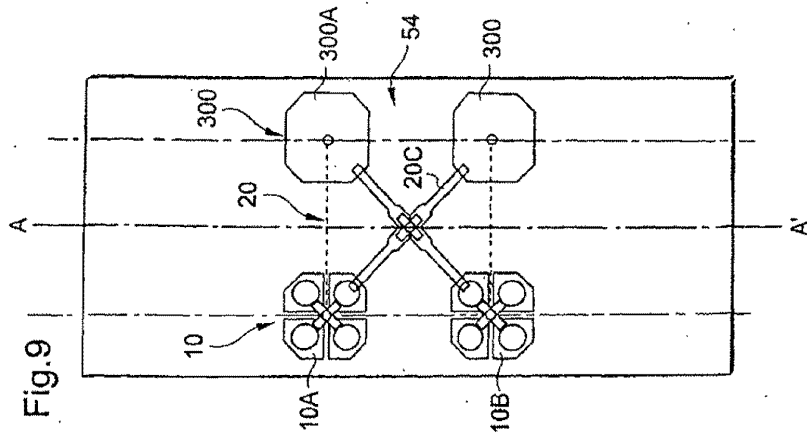


Fig.9

Fig.8

Fig.10

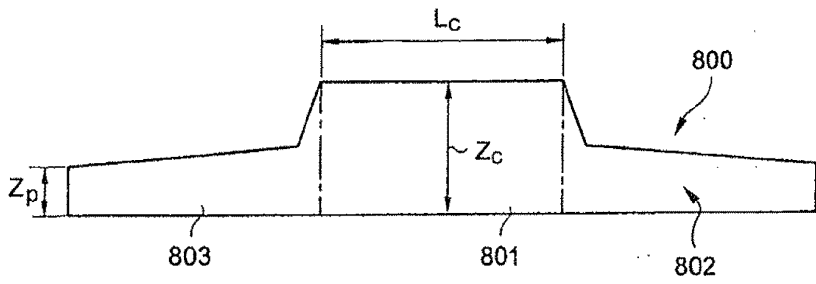
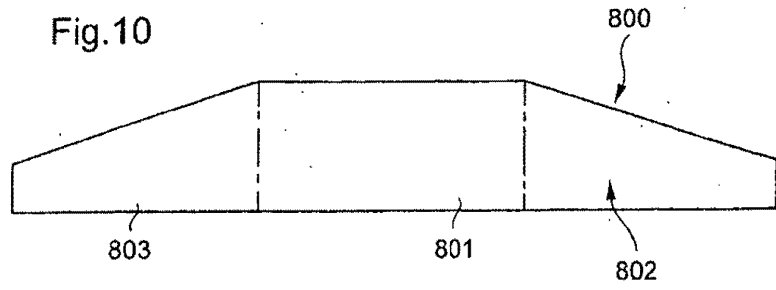


Fig.11

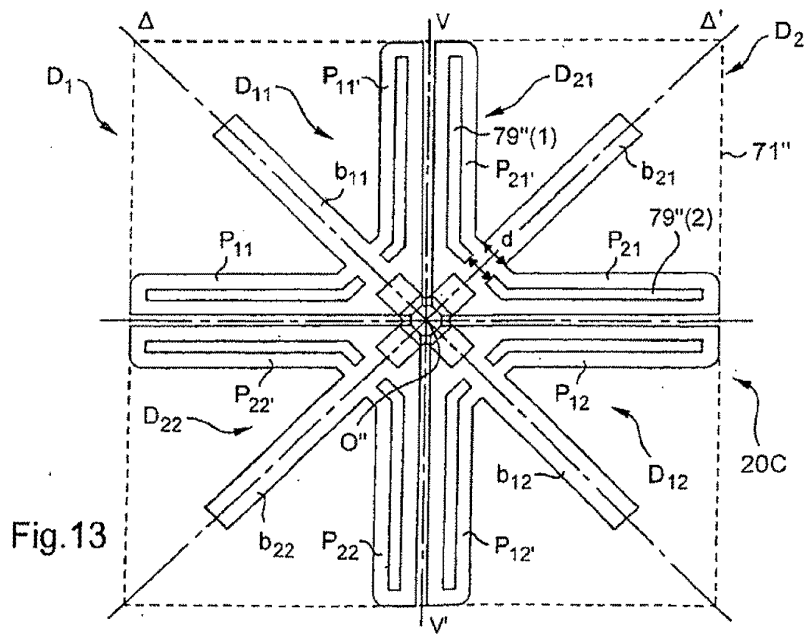
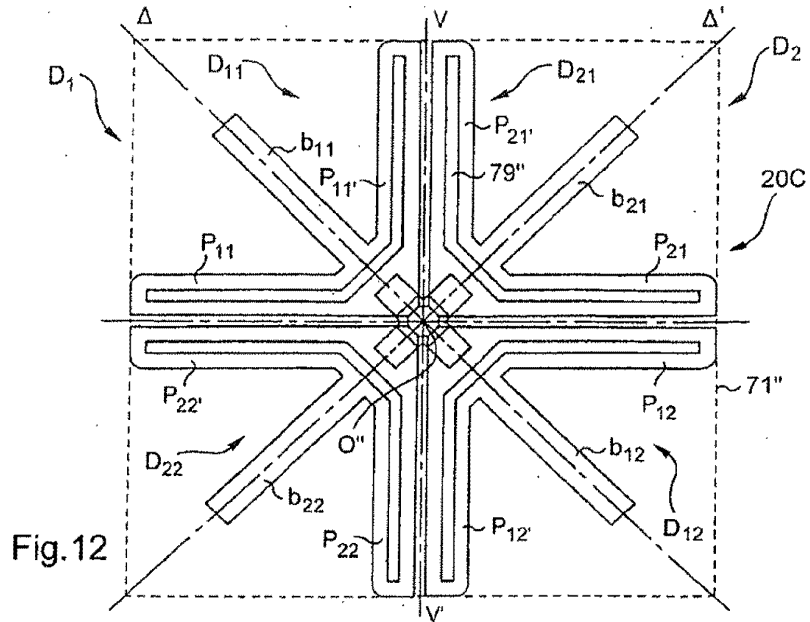


Fig.14

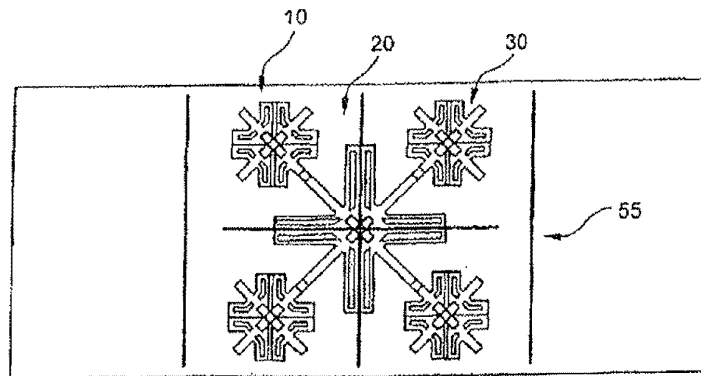
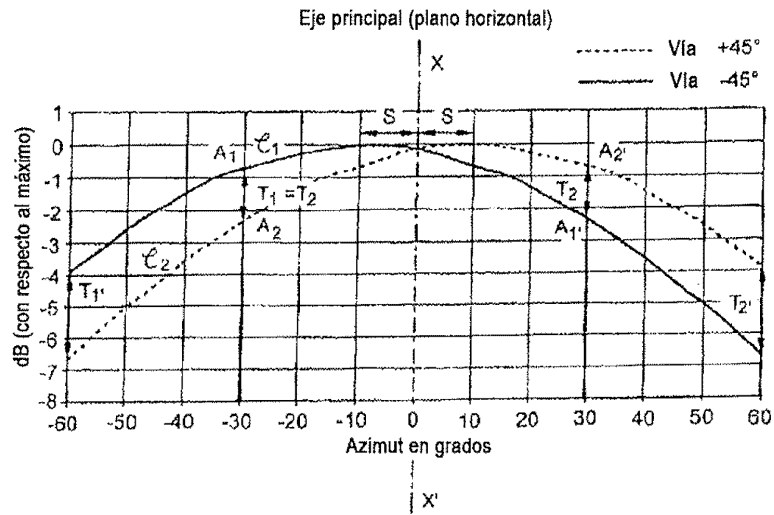


Fig.15



**DOCUMENTOS INDICADOS EN LA DESCRIPCIÓN**

En la lista de documentos indicados por el solicitante se ha recogido exclusivamente para información del lector, y no es parte constituyente del documento de patente europeo. Ha sido recopilada con el mayor cuidado; sin embargo, la EPA no asume ninguna responsabilidad por posibles errores u omisiones.

**5 Documentos de patente indicados en la descripción**

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