

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 19.05.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.11.15 Bulletin 15/47.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public —
FR et UNIVERSITE NICE SOPHIA ANTIPOLIS — FR.

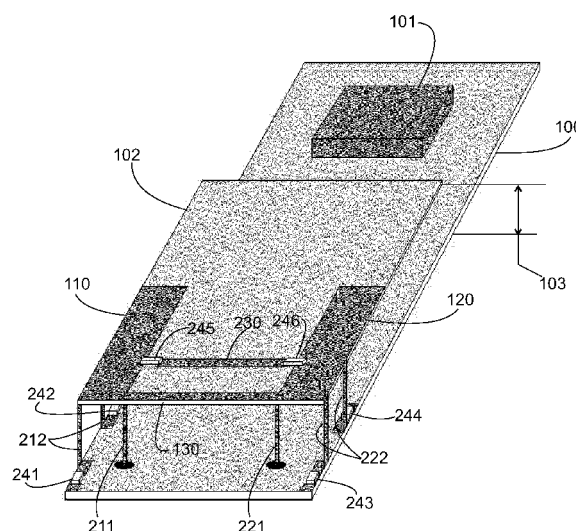
72 Inventeur(s) : LE THUC PHILIPPE, STARAJ
ROBERT, DIALLO ALIOU et JEANGÉORGES
MICHAEL.

73 Titulaire(s) : CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public,
UNIVERSITE NICE SOPHIA ANTIPOLIS.

74 Mandataire(s) : CABINET HAUTIER.

54 SYSTEME D'ANTENNES POUR REDUIRE LE COUPLAGE ELECTROMAGNETIQUE ENTRE ANTENNES.

57 Système d'antennes comportant au moins deux éléments rayonnants (110, 120), une première ligne de neutralisation (130) de couplage électromagnétique entre les au moins deux éléments rayonnants (110, 120), au moins une ligne d'alimentation radio fréquence (RF) (211, 221) pour chaque élément rayonnant (110, 120) et au moins une ligne de court-circuit (212, 222) à un plan de masse (100) du système antenne par élément rayonnant (110, 120), caractérisé en ce que le système antenne comprend en outre:
au moins une deuxième ligne de neutralisation (230, 731, 733) de couplage électromagnétique entre lesdits au moins deux éléments rayonnants (110, 120); et,
des éléments d'activation (241 à 246) d'au moins une partie des lignes de neutralisation;
et en ce que les éléments d'activation (241 à 246) sont configurés pour sélectivement activer ou désactiver une partie au moins des lignes de neutralisation (130, 230, 731; 733), de manière à ce qu'en fonction de leur activation/désactivation les lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733) assurent une neutralisation maximale du couplage électromagnétique des éléments rayonnants (110, 120) pour une pluralité de fréquences distinctes.



DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

La présente invention concerne de manière générale le domaine des antennes et plus particulièrement celui des antennes miniatures du type utilisé dans toutes sortes d'appareils électroniques mobiles équipés de moyens de communication sans-fil aptes à recevoir et transmettre des signaux dans une ou
5 plusieurs gammes de fréquences s'exprimant en gigahertz.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

L'évolution rapide du marché de l'industrie électronique conduit à devoir concevoir des appareils communicants sans-fil de plus en plus compacts offrant
10 toujours plus de fonctionnalités. Ces appareils nécessitent presque toujours des systèmes antennaires multiples qui répondent à plusieurs besoins.

D'une part, ces appareils doivent pouvoir recevoir et transmettre dans les différentes gammes de fréquences correspondant aux diverses technologies et normes de transmission sans-fil qu'ils intègrent. Il est devenu courant qu'un
15 téléphone cellulaire, par exemple: un téléphone mobile de type dit GSM, acronyme de l'anglais « Global System for Mobile communications », intègre également une liaison sans-fil à courte portée de type dit « Bluetooth » pour pouvoir connecter le téléphone à un autre appareil situé à proximité, par exemple, pour se connecter à un ordinateur personnel ou à un casque mobile.

20 Les téléphones mobiles récents haut de gamme dit « Smart Phone » incluent le plus souvent un récepteur pour système de géolocalisation par satellites fonctionnant, par exemple avec le système GPS, acronyme de l'anglais « Global Positionning System ». De plus ces appareils sont aussi équipés pour permettre leur connexion à un réseau local sans-fil de type LAN, acronyme de
25 l'anglais « Local Area Network ». Typiquement, il s'agit alors d'un réseau dit Wi-Fi obéissant au groupe des normes dites « 802.11 » publiées par l'institut nord-américain bien connu sous l'acronyme « IEEE » qui permet ainsi d'accéder à l'Internet dans tous les bâtiments et lieux publics fournissant les points d'accès sans-fil appropriés.

30 D'autre part, l'ajout d'antennes dans un même appareil est rendu nécessaire par l'adoption, notamment en Wi-Fi à partir de la norme 802.11n, d'un mode de communication plus performant connu sous l'acronyme « MIMO » de l'anglais « Multiple-Input, Multiple-Output ». Ce mode de

communication privilégie une « diversité » de mise en œuvre des moyens de transmission et/ou de réception pour un même lien de communication ce qui se traduit typiquement par la mise en œuvre d'une diversité dite spatiale et l'utilisation simultanée d'au moins deux antennes de réception et de transmission par lien. Ce mode de transmission « en diversité » est destiné notamment à prendre en compte un phénomène particulièrement perturbant, qui apparaît très fréquemment en milieu urbain ou dans un environnement confiné de type immeuble de bureaux par exemple, lieux dans lesquels sont couramment déployés les réseaux Wi-Fi. On peut constater en effet un évanouissement du signal reçu, connu sous le nom de « Rayleigh fading », qui provient de ce que le récepteur reçoit simultanément plusieurs copies déphasées à travers des trajets différents d'un même signal émis. Celles-ci peuvent s'ajouter mais aussi se soustraire jusqu'à, sinon annuler, au moins très fortement atténuer le signal reçu. Le principe de base de la diversité est que le récepteur doit pouvoir disposer d'au moins deux copies indépendantes d'un même signal et de préférence les plus indépendantes possibles. La probabilité est alors faible qu'ils s'évanouissent au même moment préservant un rapport signal sur bruit (SNR) suffisant pour une bonne réception des informations transmises.

Quelles que soient les motivations qui poussent les concepteurs d'appareils communicants mobiles à multiplier le nombre d'antennes au sein d'un même boîtier, il reste que celles-ci doivent rester indépendantes d'un point de vue électromagnétique, en dépit du fait que la taille des boîtiers qui les accueillent tend à diminuer accroissant leur proximité, ce afin de pouvoir effectivement tirer avantage notamment du mode de transmission en diversité et d'une façon générale pour garantir l'indépendance des signaux reçus et transmis.

En effet lorsque les antennes sont proches une partie de l'énergie injectée dans une antenne est absorbée par l'autre antenne et n'est donc pas rayonnée. Ce couplage électromagnétique entre antennes dégrade considérablement les performances du système.

Pour répondre à ce problème, comme illustré sur la figure 1, une technique innovante réduction du couplage électromagnétique qui se manifeste

entre deux éléments rayonnants, 110 et 120, disposés à proximité l'un de l'autre sur un même support 100, par exemple un circuit imprimé dit PCB de l'anglais « printed circuit board », a déjà été décrite dans la demande de brevet FR2968845A1 portant le titre « Système d'antenne en diversité » publiée le 15
5 juin 2012. Cette technique permet d'améliorer l'isolation entre les accès des deux éléments rayonnants, 110 et 120, cette isolation étant dégradée par le couplage électromagnétique qui se manifeste d'autant plus entre deux éléments rayonnants que ceux-ci sont proches.

Cette technique consiste à placer une ligne métallique, appelée ligne de
10 neutralisation 130, entre les deux éléments rayonnants, possiblement différents, 110 et 120. Les éléments rayonnants forment typiquement des antennes dites PIFA, acronyme de l'anglais « planar inverted-F antenna », c'est-à-dire « antenne plane en F inversé ». La demande ci-dessus montre qu'une amélioration importante de l'isolation peut être alors obtenue entre les ports
15 d'alimentation, 111 et 121, c'est-à-dire entre les ports d'entrée par lesquels les signaux radio fréquence (RF) alimentent chacune des deux antennes, pour une bande de fréquence donnée. Cette innovation permet de créer des systèmes multi-antennes pour des applications de type MIMO travaillant en diversité ou des applications multistandards comme décrits plus haut. On notera ici que,
20 comme dans toute antenne PIFA, la partie opposée, 112 et 122, de chacun des ports d'alimentation des éléments rayonnants, 111 et 121, est reliée par un court-circuit à la masse du PCB.

Une autre amélioration est aussi décrite dans la demande ci-dessus qui consiste à utiliser un ou plusieurs composants actifs de type capacité variable. Il
25 s'agit généralement d'un type de diode dit « varicap » dont la valeur de la capacité est ajustable en fonction de la tension continue (DC) présente à ses bornes. L'insertion d'un tel dispositif 140 au sein d'une ligne de neutralisation permet de modifier de manière dynamique et à volonté la bande de fréquence pour laquelle la neutralisation maximale est obtenue.

30

Cette solution présente néanmoins des limitations. Notamment, la variation effective de capacité que l'on peut obtenir avec un tel dispositif s'avère

être limitée, limitant par là même les applications qui peuvent être couvertes avec un même système antenne.

Cette solution n'est donc pas pleinement satisfaisante.

Par ailleurs, d'autres solutions ont été développées pour réduire le
5 couplage entre antennes tout en conservant un encombrement limité.

Certaines de ces solutions consistent à créer dans le plan de masse des fentes pour limiter le transfert de courants de couplage entre les antennes.

D'autres de ces solutions prévoient quant à elles d'utiliser des méta-
matériaux pour créer des filtres coupe-bande entre les antennes grâce à leurs
10 propriétés liées à la périodicité.

Ces solutions nécessitent des modifications spécifiques du circuit servant de support à l'ensemble des composants électroniques de l'objet dont notamment la carte comprenant le circuit imprimé (PCB), ce qui est pénalisant en termes de coût et de complexité de réalisation.

15

La présente invention a donc pour objectif de proposer un système d'antennes miniatures réduisant ou supprimant au moins certains des inconvénients mentionnés ci-dessus. En particulier, l'invention vise à proposer un système d'antennes dans lequel le couplage électromagnétique entre
20 antennes est satisfaisant pour une plus grande variété de fréquences, permettant ainsi une plus large gamme d'applications possibles tout en conservant un encombrement réduit.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

25 Selon un mode de réalisation, l'invention porte sur un système antenne multiple comportant au moins deux éléments rayonnants, une première ligne de neutralisation de couplage électromagnétique entre les au moins deux éléments rayonnants, au moins une ligne d'alimentation radio fréquence (RF) pour chaque élément rayonnant. Le système antenne comprend en outre :

30 au moins une deuxième ligne de neutralisation de couplage électromagnétique entre lesdits au moins deux éléments rayonnants; et, des éléments d'activation d'au moins une partie des lignes de neutralisation.

Par ailleurs, les éléments d'activation sont configurés pour sélectivement activer ou désactiver une partie au moins des lignes de neutralisation, de manière à ce que, en fonction de leur activation/désactivation, les lignes de neutralisation assurent une neutralisation maximale du couplage électromagnétique des éléments rayonnants pour une pluralité de fréquences distinctes.

Ainsi, en fonction de l'activation des lignes de neutralisation par lesdits éléments d'activation, on obtient une pluralité de modes de fonctionnement RF distincts pour lesquels on n'observe pas de couplage électromagnétique significatif entre les éléments rayonnants.

Ainsi, en commandant l'activation des lignes de neutralisation, on réduit voire on supprime le couplage électromagnétique entre les éléments rayonnants et ce pour différentes fréquences de fonctionnement des éléments rayonnants. Ainsi, l'invention permet d'améliorer l'isolation entre les accès des deux éléments rayonnants, cette isolation étant dégradée par le couplage électromagnétique qui se manifeste d'autant plus entre deux éléments rayonnants que ceux-ci sont proches.

On peut ainsi réduire le couplage électromagnétique pour des fréquences de fonctionnement distinctes et possiblement éloignées.

L'invention offre ainsi la possibilité de réaliser des sauts en fréquence, permettant de ce fait de passer aisément d'une application à une autre quelle que soient leurs fréquences respectives de fonctionnement. Par exemple, par une simple activation/désactivation des lignes de neutralisation on peut passer d'un mode de fonctionnement basé sur une fréquence de fonctionnement de 700Mhz à un mode de fonctionnement basé sur une fréquence de fonctionnement de plusieurs GHz et obtenir pour chacun de ces modes de fonctionnement un couplage électromagnétique nul ou fortement atténué.

A l'inverse, la solution décrite dans le brevet FR2968845A1 mentionné ci-dessus ne permet que de modifier la fréquence de fonctionnement de manière continue et dans une plage restreinte.

L'invention permet ainsi d'activer des éléments de personnalisation (lignes de neutralisation voire de court-circuit) très dissemblables qui peuvent permettre d'obtenir de grandes variations de comportement RF des antennes.

5 L'invention offre d'autres avantages parmi lesquels :

- Les éléments de personnalisation peuvent être nombreux ce qui permet d'obtenir potentiellement de nombreux modes de fonctionnement RF possiblement très différents. Ainsi, même avec deux antennes seulement compactes sur un même plan de masse on peut obtenir les modes de
10 fonctionnement suivant : diversité, multi-port, multi-standard.
- La solution du brevet FR2968845A1 avec utilisation d'une diode varicap demande que l'on sache générer de manière analogique la tension DC qui doit être appliquée à ses bornes afin d'obtenir la valeur de capacité souhaitée pour l'application. La présente invention permet d'avoir une
15 commande numérique, c'est-à-dire binaire ou ON/OFF, qui active des modes de fonctionnement RF préétablis et qui seront beaucoup moins susceptibles de dériver qu'un système analogique avec une capacité variable sur laquelle il faut appliquer une tension continue variable. Pour améliorer la fiabilité de la solution du brevet FR2968845A1, il faudrait
20 produire une tension continue variable et l'asservir pour obtenir un fonctionnement qui ne dérive pas, mais cela serait très pénalisant en termes de coûts.

25 De manière facultative, l'invention peut en outre présenter au moins l'une quelconque des caractéristiques optionnelles suivantes prises séparément ou en combinaison:

Avantageusement, les lignes de neutralisation sont configurées de manière à ce qu'en fonction de leur activation/désactivation elles assurent une
30 neutralisation maximale du couplage électromagnétique des éléments rayonnants pour une pluralité de fréquences distinctes et séparées pour au moins deux d'entre elles et de préférence séparées les unes des autres d'au

moins un facteur 1.1 et de préférence d'au moins un facteur 1.2 et de préférence d'au moins un facteur 1.5 et de préférence d'au moins un facteur 2.

Ainsi, il est par exemple possible par une simple commutation des lignes de neutralisation réalisée par les éléments activables de passer d'une
5 atténuation maximale du couplage pour une fréquence de 1Ghz à une atténuation maximale du couplage pour une fréquence de 1.1GHz ou 1.2GHz ou 1.5GHz ou 2Ghz.

Selon un mode de réalisation, le système comprend au moins une ligne
10 de court-circuit à un plan de masse du système antenne par élément rayonnant.

Selon un mode de réalisation, le système comprend au moins une ligne de court-circuit supplémentaire par élément rayonnant. Selon un mode de réalisation, le système antenne comporte des éléments d'activation binaires
15 d'au moins une partie des lignes de court-circuit.

Selon un mode de réalisation, les éléments d'activation binaires sont configurés pour indépendamment activer ou désactiver les lignes de neutralisation et de court-circuit au plan de masse.

20

Selon un mode de réalisation, au moins deux lignes de neutralisation reliant les deux mêmes éléments rayonnants présentent des longueurs et/ou des formes différentes.

Selon un mode de réalisation, les éléments d'activation sont des
25 éléments d'activation binaires.

Selon un mode de réalisation, les éléments d'activation, également désignés éléments de commutation, sont configurés pour sélectivement activer ou désactiver chacune des lignes de neutralisation. Ils permettent ainsi d'assurer un découplage pour une fréquence maximale qui dépend de
30 l'activation des lignes de neutralisation.

Avantageusement, au moins l'un des éléments d'activation est une diode PIN. Avantageusement, tous les éléments d'activation sont des diodes PIN.

Avantageusement, au moins les éléments d'activation d'au moins une partie des lignes de neutralisation sont des diodes PIN polarisées à l'aide d'un signal continu (DC) superposé aux signaux RF véhiculé par le système pour sélectivement, soit rendre conductrice la diode PIN et permettre que l'élément rayonnant auquel elle est attachée devienne actif, soit rendre non conductrice la diode PIN de telle sorte que l'élément rayonnant auquel elle est attachée devienne inactif.

Alternativement, au moins certains des éléments d'activation d'au moins une partie des lignes de neutralisation sont des diodes de type varicap.

Selon un mode de réalisation, le système comprend deux éléments rayonnants et comprend deux lignes de neutralisation reliant entre eux lesdits deux éléments rayonnants.

Selon un mode de réalisation, le système comprend au moins deux éléments rayonnants et comprend au moins trois lignes de neutralisation reliant entre eux lesdits deux éléments rayonnants.

Selon un mode de réalisation, les lignes de neutralisation sont suspendues entre les éléments rayonnants. Les lignes de neutralisation sont disposées à distance du plan de masse.

Alternativement, les lignes de neutralisation sont imprimées sur une carte électronique portant les éléments rayonnants.

Selon un mode de réalisation particulier, les lignes de neutralisation sont intégrées ou imprimées dans une couche. Le système forme alors un empilement de couches superposées sans espace vide intermédiaire entre les couches et dont une couche forme le plan de masse et dont une autre couche comprend les lignes de neutralisation et les éléments rayonnants. Cela permet de simplifier la réalisation du système et son industrialisation.

Alternativement, les lignes de neutralisation sont formées en partie par le plan de masse, auquel sont raccordés des éléments conducteurs reliés aux éléments rayonnants et en partie par ces éléments conducteurs.

Selon un mode de réalisation particulier, le système comprend au moins trois éléments rayonnants et une pluralité de lignes de neutralisation reliant entre eux les éléments rayonnants.

Selon un mode de réalisation particulier, au moins certains et de préférence tous les éléments rayonnants présentent chacun une forme générale de languette et présentent les dimensions suivantes :

- une longueur comprise entre $\lambda/2$ et $\lambda/6$ et de préférence de $\lambda/4$,
- 5 - une largeur comprise entre $\lambda/10$ et $\lambda/20$ et de préférence de $\lambda/20$,
- une hauteur comprise entre $\lambda/30$ et $\lambda/15$ et de préférence comprise entre $\lambda/28$ et $\lambda/20$;

λ étant la longueur d'onde du signal que l'élément rayonnant est destiné à recevoir/émettre.

10 De préférence, la longueur se mesure selon la dimension la plus grande de la languette. De préférence, la largeur correspond à la largeur de la languette. De préférence, la hauteur correspond à la distance entre la languette et le plan de masse, la languette s'étendant dans un plan parallèle à celui dans lequel s'étend le plan de masse.

15 Selon un mode de réalisation, chaque ligne de neutralisation est associée à des lignes d'alimentation des éléments rayonnants.

Selon un mode de réalisation, les lignes de neutralisation sont associées à des lignes de raccordement au plan de masse des éléments rayonnants.

20 Selon un mode de réalisation, les moyens formant plan de masse comportent une plaque de circuit imprimé.

Selon un mode de réalisation, les éléments rayonnants sont de type PIFA.

25 Selon un autre mode de réalisation l'invention porte sur un système d'antennes comportant des éléments formant plan de masse et aux moins deux éléments rayonnants et une première ligne de neutralisation de couplage des éléments rayonnants caractérisé en ce qu'il comprend au moins une deuxième ligne de neutralisation de couplage des deux éléments rayonnants. Le système comprend en outre des éléments d'activation configurés pour sélectivement

30 activer ou désactiver chacune des lignes de neutralisation, permettant ainsi d'assurer un découplage électromagnétique pour une fréquence maximale qui dépend de l'activation des lignes de neutralisation par les éléments d'activation.

De préférence, les éléments d'activation sont configurés pour sélectivement activer ou désactiver chacune des lignes de neutralisation en rendant respectivement passante ou non passante chacune des lignes de neutralisation.

5 De préférence, la première ligne de neutralisation de couplage des éléments rayonnants présente une première propriété électromagnétique, typiquement une première impédance ou une première inductance et la deuxième ligne de neutralisation de couplage des deux éléments rayonnants présente une deuxième propriété électromagnétique différente de la première,
10 typiquement une deuxième impédance ou une deuxième inductance différente la première.

Un autre aspect de la présente invention concerne un appareil de télécommunication comprenant un système d'antennes multiple selon l'un
15 quelconque des modes de réalisation de l'invention. L'appareil comprend également un récepteur et/ou un émetteur couplé audit système d'antennes multiple. L'appareil de télécommunication peut être un appareil de réception ou/et de transmission de communications sans fil. Il est par exemple un téléphone portable.

20

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants
25 dans lesquels :

La FIGURE 1 illustre un système antenne de l'art antérieur.

Les FIGURE 2a et 2b illustrent un système antenne selon un mode de réalisation de l'invention incluant une ligne de neutralisation et des lignes de court-circuit programmables à l'aide de diodes. Dans ce mode de réalisation, le
30 système comprend deux éléments rayonnants et deux lignes de neutralisation.

La FIGURE 3 illustre le fonctionnement du système antenne double selon l'invention opérant dans la bande de fréquences PDC.

La FIGURE 4 illustre le fonctionnement du système antenne double selon l'invention opérant dans la bande de fréquences GPS.

La FIGURE 5 illustre le fonctionnement d'une seule des deux antennes dans la bande de fréquences PDC.

- 5 La FIGURE 6 illustre le fonctionnement d'une seule des deux antennes dans la bande de fréquences GPS.

La FIGURE 7 montre une mise en œuvre de l'invention avec des lignes de neutralisation de dimensions et de formes diverses.

- 10 La FIGURE 8 montre une mise en œuvre de l'invention comprenant plus de deux éléments rayonnants séparés par plus d'une ligne de neutralisation.

Les dessins sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ils constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications pratiques. En particulier les dimensions relatives des différents éléments ne sont pas représentatives de la réalité.

15

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

- 20 Les **figures 2a** et 2b décrivent un exemple de système antenne selon l'invention.

L'invention consiste à améliorer la technique de la ligne de neutralisation décrite en figure 1 en utilisant de simples composants de commutation binaires qui pourront alors être directement commandés par un circuit numérique sans avoir besoin de générer une tension DC analogique comme cela est nécessaire avec une diode varicap. Les composants de commutation binaires qui sont susceptibles de convenir comprennent notamment les diodes dites PIN qui incluent, outre les zones dopées de type P et de type N d'une diode classique, une zone intermédiaire non-dopée ou intrinsèque (I). Une telle structure, polarisée dans le sens passant, présente avantageusement une impédance dynamique extrêmement faible pour les signaux RF qui la traversent. Polarisée dans le sens inverse, c'est-à-dire bloquée, elle présente alors au contraire une très grande impédance avec une très faible capacité. Ces diodes, qui peuvent être directement commandées par

25

30

un circuit numérique de type circuit intégré (CI) 101, permettent de modifier facilement, à la volée, le comportement des antennes PIFA sans avoir recours aux composants de type diode varicap comme décrit dans la figure 1.

Pour obtenir ce résultat l'invention combine l'utilisation de diodes, d'une
5 part, avec plusieurs dispositions spatiales des lignes de court-circuit, 212 et 222, des éléments rayonnants; et d'autre part, avec l'adjonction d'une ligne de neutralisation commutable 230.

Les éléments rayonnants sont par exemple des antennes PIFA décrites dans la figure 1.

10 Les diodes sont au nombre de six, portant les références 241 à 246, dans l'exemple particulier de la figure 2 qui n'est qu'un exemple spécifique, non limitatif, de mise en œuvre de l'invention.

Ces diodes sont typiquement, comme représentés, des composants discrets soudables aux différents éléments métalliques constitutifs des
15 antennes PIFA utilisées dans cet exemple destiné à illustrer une mise en œuvre de l'invention.

La commutation entre les multiples configurations physiques possibles ainsi obtenues, par l'intermédiaire d'une polarisation adéquate des diodes, permet de sélectivement activer ou désactiver les courts-circuits et les lignes de
20 neutralisation, et ainsi de piloter individuellement les fréquences auxquelles les antennes sont à la fois adaptées et isolées. La neutralisation est ainsi ajustée afin d'obtenir simultanément un découplage adéquat des deux éléments rayonnants pour chaque mode de fonctionnement du système antenne. La structure globale pourra ainsi adopter plusieurs comportements précisément
25 définis par les applications considérées : diversité, multistandards ou multi-accès.

Dans la figure 2a, servant à illustrer un exemple particulier de mise en œuvre de l'invention, les composants utilisés sont des diodes PIN. Le comportement binaire de ces diodes, utilisées dans l'état passant ou bloqué,
30 est fixé par une tension continue supérieure ou inférieure à une tension de seuil appliquée directement aux bornes de celles-ci. Dans une mise en œuvre simple permettant d'obtenir la commutation des diodes on peut avantageusement, par exemple, injecter directement la tension continue au niveau des ports d'accès

des antennes, 211 et 221. La tension continue injectée dans le système antennaire ne perturbe pas le signal RF destiné à être rayonné par les antennes.

Dans le cas de systèmes complexes impliquant de multiples diodes, comme celui illustré par la figure 2a, il est nécessaire de créer les découplages RF/DC qui permettent de polariser de façon adéquate les diodes de personnalisation. L'exemple de la figure 2 met en évidence l'utilisation de deux emplacements distincts pour les languettes de court-circuit, 212 et 222, de chaque antenne qui sont programmables à l'aide des diodes 241 à 244, ainsi que l'utilisation de deux lignes de neutralisation, l'une fixe 130 et l'autre programmable 230 à l'aide des diodes 245 et 246.

Toutes les configurations illustrées par la figure 2a sont donc réalisables grâce à l'utilisation des six diodes 241 à 246 sur cet exemple. Elles permettent d'activer ou de désactiver n'importe quelles languettes de court-circuit, 212 et 222, ainsi que la seconde ligne de neutralisation 230. La première ligne 130, qui est fixe, relie toujours dans cet exemple les éléments rayonnants, 110 et 120, des deux antennes.

L'exemple non limitatif suivant montre comment on peut choisir un mode désiré de fonctionnement du système multi-antennaire, même dans le cas de deux standards très proches (PDC et GPS) :

- la bande dite PDC (acronyme de l'anglais « personal digital cellular » faisant référence à un standard mis en œuvre essentiellement au Japon), allant de 1465 à 1501 MHz, soit une bande de 36 MHz centrée sur 1483 MHz.
- la bande GPS (standard déjà mentionné), allant de 1555 à 1595 MHz, soit une bande de 40 MHz centrée sur 1575 MHz.

Dans l'exemple du système d'antennes de la figure 2a on peut, à l'aide des six diodes, réaliser déjà quatre combinaisons d'antennes figurant dans le tableau ci-après. Dans ce tableau les diodes, dont la référence figure sur la première ligne, sont polarisées pour être passantes s'il y a un « 1 » dans la case correspondante et bloquées s'il y a un « 0 ».

Nom :	241	242	243	244	245	246	Fonction :
Div1	1	0	1	0	0	0	Diversité : 2 antennes dans la bande PDC
Div2	0	1	0	1	1	1	Diversité : 2 antennes dans la bande GPS
Multi	1	0	0	0	0	0	Multi-port : antenne 1 PDC
Multi2	0	0	0	1	1	1	Multi-port : antenne 2 GPS

Afin de faciliter la fabrication du système antennaire de la figure 2a et assurer sa robustesse les éléments métalliques rayonnants 110 et 120 et les lignes de neutralisation, 130 et 230, pourront faire partie d'un circuit imprimé surélevé 102 sur lequel on viendra aussi souder les diodes de personnalisation 245 et 246. Les lignes d'alimentation RF des antennes, 211 et 221, ainsi que les lignes de court-circuit des antennes PIFA, 212 et 222, seront alors des vias métalliques traversant le diélectrique du circuit imprimé 102 pour être connectés sur le PCB 100 supportant le circuit intégré. L'épaisseur 103 du circuit 102 sera adaptée pour répondre aux caractéristiques géométriques définies pour les antennes PIFA considérées.

La figure 2a montre comment les diodes 241 à 246 sont connectées électriquement dans cet exemple de mise en œuvre de l'invention.

La **figure 3** montre la faisabilité du concept.

Un couplage électromagnétique important entre deux éléments rayonnants proches se traduit par une valeur généralement élevée du coefficient de transmission entre les deux antennes dit S_{21} mesuré ou simulé entre les deux ports d'accès 211 et 221. Sur cette figure, on observe que la ligne de neutralisation fixe 130 permet d'obtenir une chute importante du coefficient S_{21} , et donc l'obtention d'une forte isolation entre accès (donc un faible couplage électromagnétique) pour les fréquences de travail des antennes opérant dans la bande PDC centrée sur 1,483 GHz. Ces résultats de simulation sont obtenus par l'activation des lignes de court-circuit des antennes PIFA correspondant aux diodes 241 et 243 conformément au tableau ci-dessus. On constate bien un fonctionnement en diversité avec les deux antennes fonctionnant dans une même bande, celle dite PDC dans ce cas.

On notera ici que le paramètre S_{21} correspondant à la courbe 310, fait partie des paramètres dit S, de l'anglais « scattering parameters » ou « S-parameters » largement utilisés en hyperfréquences pour caractériser

notamment le comportement de dipôles passifs ou actifs. Ces paramètres servent à mesurer les valeurs des ondes incidentes, réfléchies et transmises par les quadripôles étudiés. Comme indiqué plus haut, S₂₁ mesure dans ce cas le coefficient de transmission entre antennes. Les deux courbes quasi
 5 superposées 320 correspondent quant à elles aux paramètres dits S₁₁ et S₂₂ aussi appelés coefficients de réflexion de chacune des antennes.

La **figure 4** montre les résultats de simulation obtenus avec les diodes 242, 244, 245 et 246 activées dans leur état passant comme montré dans le tableau ci-dessus. On constate bien un comportement en diversité avec les
 10 deux antennes opérant dans une même bande de fréquences, celle dite GPS cette fois centrée sur 1,575 GHz. L'activation de la seconde ligne de neutralisation 230, à l'aide des diodes 245 et 246, permet de découpler les antennes pour ces fréquences plus élevées que les précédentes en combinaison avec l'activation des lignes de court-circuit des antennes PIFA
 15 correspondant aux diodes 242 et 244. On retrouve sur cette figure le même type de courbes que dans la figure précédente, c'est-à-dire le paramètre S₂₁ 410 correspondant au coefficient de transmission entre les deux antennes et les paramètres S₁₁ et S₂₂ ou coefficients de réflexion de chacune des antennes correspondant aux courbes quasi superposées 420.

En référence à la figure 2b on notera ici que la polarisation des diodes 245 et 246 pourra nécessiter de devoir appliquer une polarisation indépendante intermédiaire sur la ligne de neutralisation 230 qui n'agira qu'en DC. Par exemple, cela peut prendre la forme d'un fil vertical conducteur fin 231
 20 connecté au plan de masse du PCB. Aux fréquences transmises, qui s'expriment en GHz, le fil vertical 231 permettant la polarisation DC de la ligne 230 et donc celles des diodes 245 et 246, pourra avantageusement être conçu et dimensionné de telle façon qu'il constitue seul une « bobine d'arrêt » ou
 25 « self de choc » pour les signaux RF transmis ou reçus. Il pourra également être combiné avec un composant discret (non représenté) pour constituer une
 30 fonction de type bobine d'arrêt pour les signaux RF transmis.

La **figure 5** montre les résultats obtenus avec seulement l'activation de la diode 241 et de la ligne de court-circuit 212 correspondante. Le système fonctionne ainsi uniquement aux fréquences de la bande PDC sur la seule

antenne dont l'élément rayonnant est 110. Cette solution se combine optionnellement en fonction des applications avec le cas de la **figure 6** qui suit dans lequel les diodes 244, 245 et 246 sont activées dans leur état passant de manière à activer la seconde ligne de neutralisation 230 et la ligne de court-circuit 222 correspondant à la diode 244, pour permettre le fonctionnement de la seule antenne dont l'élément rayonnant est 120 dans la bande des fréquences GPS dans ce cas, formant ainsi un système multiport (PDC ou GPS). On retrouve sur ces figures les paramètres S déjà décrits.

L'invention permet donc de proposer un système multistandard et multiport qui peut aussi fonctionner en diversité. L'ensemble de ces fonctionnalités est réalisé avec seulement deux antennes compactes proches l'une de l'autre et quelques composants simples à faible coût (diodes PIN) largement utilisées par l'industrie électronique. Cette innovation réduit drastiquement la complexité des systèmes de transmission utilisant traditionnellement plus d'antennes avec des performances réduites en raison du couplage électromagnétique existant entre antennes situées à proximité l'une de l'autre sur un même PCB.

La technique de l'invention peut aisément être étendue à d'autres bandes de fréquences et s'appliquer à de multiples technologies de communication sans-fil. Il est également possible d'ajouter d'autres lignes de court-circuit commutables sur chaque antenne pour travailler sur un plus grand nombre de bandes de fréquences simultanément. Dans ce cas, l'ajout d'une ou plusieurs lignes de neutralisation commutables pourra être nécessaire.

L'exemple de système d'antennes illustré en figure 2a et 2b va maintenant être décrit plus en détail. Chaque antenne présente une forme générale de languette. Chaque languette présente les dimensions suivantes, λ étant la longueur d'onde du signal émis/reçu par l'élément rayonnant :

- Une longueur comprise entre $\lambda/2$ et $\lambda/6$ et de préférence de $\lambda/4$, De préférence, la longueur se mesure selon la dimension la plus grande de la languette.
- Une largeur comprise entre $\lambda/10$ et $\lambda/20$ et de préférence de $\lambda/20$. De préférence, la largeur correspond à la largeur de la languette.

- Une hauteur comprise entre $\lambda/30$ et $\lambda/15$ et de préférence comprise entre $\lambda/28$ et $\lambda/20$. La hauteur correspond à la distance entre le plan dans lequel s'étend la languette et le plan de masse, typiquement le circuit intégré le circuit imprimé destiné à recevoir les autres composants électroniques.

Plus précisément, pour chaque application le signal est compris dans une bande de fréquences et λ correspond à la fréquence centrale de la bande de fréquence.

Plus généralement, la plage des fréquences centrales de fonctionnement du système selon l'invention peut typiquement s'étendre de 700MHz à environ 6 GHz. Le système peut ainsi s'appliquer à tous les standards fonctionnant sur cette bande de fréquence dont notamment les standards suivants : LTE, GSM, DCS, PCS, UMTS, GPS, WiFi, Bluetooth, Zigbee, WLAN, etc.

Parmi toutes les mises en œuvre possibles de l'invention deux sont plus particulièrement illustrées dans les figures qui suivent.

La **figure 7** montre l'utilisation possible d'une ou plusieurs lignes de neutralisation supplémentaires 731 et 733 en plus de la ligne 130. Sur cet exemple non limitatif la ligne 130 est fixe, c'est-à-dire qu'elle est toujours activée (toujours connectée aux deux éléments rayonnants). Naturellement, l'invention englobe également les systèmes dans lesquels toutes les lignes sont non fixes, c'est-à-dire activables ou désactivables.

D'une façon générale, toutes les lignes de neutralisation pourront être de formes et de dimensions diverses qui sont adaptées au mieux par l'homme du métier notamment en vue d'obtenir un couplage minimum entre antennes pour les applications considérées de manière similaire à ce qui a été décrit pour les antennes des bandes GPS et PDC dans les figures précédentes. Comme précédemment, les lignes de neutralisation et de court-circuit pourront optionnellement être fixes, ou programmables notamment à l'aide de diodes (non représentées dans cette figure), afin d'obtenir plusieurs modes de fonctionnement à partir d'un même système antenne selon l'invention.

La **figure 8** illustre le cas où les antennes et leurs éléments rayonnants ont été multipliés. Dans l'exemple de la figure 8 ils sont au nombre de quatre : 810, 820, 830 et 840. Ils sont séparés dans ce cas par trois lignes de neutralisation 835, 837 et 839. Pour compléter les quatre antennes PIFA de cet exemple on retrouve, comme précédemment, les lignes d'alimentation des signaux RF : 811, 821, 831 et 841, constituant les ports d'entrée du système antennaire, ainsi que les lignes de court-circuit : 812, 822, 832 et 842. Comme ci-dessus, des lignes de court-circuit et de neutralisation programmables supplémentaires (non représentées) pourront optionnellement également être présentes dans cette structure.

Dans un autre mode de réalisation non illustré, au moins certains des éléments rayonnants sont reliés entre eux par plusieurs lignes de neutralisation.

Au vu de la description qui précède il apparaît clairement que l'invention propose une solution simple, fiable dans le temps et permettant notamment d'offrir les avantages suivants :

- Possibilité d'activer des éléments de personnalisation (lignes de neutralisation et de court-circuit) très dissemblables qui peuvent permettre d'obtenir de grandes variations de comportement RF des antennes (fonctionnement en diversité, multi-port, multi-standard), et ceci même avec deux antennes seulement sur un même plan de masse et dans un encombrement réduit.
- Possibilité de réaliser des sauts en fréquence, même pour des fréquences éloignées, de manière à couvrir de nombreuses applications possiblement très différentes. Les éléments de personnalisation peuvent être nombreux on peut obtenir potentiellement de nombreux modes de fonctionnement RF possiblement très différents.
- Activation simple à l'aide d'une commande binaire (ON/OFF) d'éléments soigneusement précalculés qui ne risquent pas de varier dans le temps en fonction, par exemple, de l'environnement.
- Coût moindre dans la mesure où on peut utiliser directement les signaux binaires venant directement du circuit intégré.

- Compacité améliorée. A performances égales, sans ligne de neutralisation, il faudrait en effet que les éléments soient plus éloignés l'un de l'autre.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations précédemment
5 décrits et s'étend à tous les modes de réalisation couverts par les revendications.

En particulier, bien que l'on ait expliqué ci-dessus les avantages liés à l'utilisation d'élément d'activation sous forme de diodes PIN pour sélectivement activer/désactiver les lignes de neutralisation, tous les modes de réalisation
10 précédemment décrits peuvent utiliser des diodes varicap en alternative ou en combinaison avec les diodes PIN.

Par ailleurs, bien que sur les figures les éléments rayonnants soient identiques, l'invention couvre les modes de réalisation dans lesquels les éléments rayonnants d'un même système sont différents.

REVENDICATIONS

1. Système d'antennes multiple comportant au moins deux éléments rayonnants (110, 120), une première ligne de neutralisation (130) de couplage électromagnétique entre les au moins deux éléments rayonnants (110, 120), au moins une ligne d'alimentation radio fréquence (RF) (211, 221) pour chaque élément rayonnant (110, 120), caractérisé en ce que le système antenne comprend en outre :
- au moins une deuxième ligne de neutralisation (230, 731, 733) de couplage électromagnétique entre lesdits au moins deux éléments rayonnants (110, 120); et,
- des éléments d'activation (241 à 246) d'au moins une partie des lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733);
- et en ce que les éléments d'activation (241 à 246) sont configurés pour sélectivement activer ou désactiver une partie au moins des lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733), de manière à ce qu'en fonction de leur activation/désactivation les lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733) assurent une neutralisation maximale du couplage électromagnétique des éléments rayonnants (110, 120) pour une pluralité de fréquences.
2. Système selon la revendication précédente dans lequel les lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733) sont configurées de manière à ce qu'en fonction de leur activation/désactivation elles assurent une neutralisation maximale du couplage électromagnétique des éléments rayonnants (110, 120) pour une pluralité de fréquences distinctes et séparées les unes des autres d'au moins un facteur 1.1 et de préférence d'au moins un facteur 2.
3. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant au moins une première et une deuxième lignes de court-circuit (212, 222) à un plan de masse (100) du système antenne par élément rayonnant (110, 120) et comportant des éléments d'activation (241 à 246) d'au moins une partie des lignes de court-circuit (212, 222).

4. Système selon la revendication précédente dans lequel les éléments d'activation binaires (241 à 246) sont configurés pour indépendamment activer ou désactiver les lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733) et de court-circuit (212, 222) au plan de masse.

5

5. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel au moins deux lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733) reliant les deux mêmes éléments rayonnants (110, 120) présentent des longueurs et/ou des formes différentes.

10

6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les éléments d'activation (241 à 246) sont des éléments d'activation binaires.

15

7. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les éléments d'activation (245, 246), sont configurés pour sélectivement activer ou désactiver chacune des lignes de neutralisation.

20

8. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel au moins l'un des éléments d'activation (245, 246) est une diode PIN.

9. Système selon la revendication précédente dans lequel tous les éléments d'activation (245, 246) sont des diodes PIN.

25

10. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel au moins les éléments d'activation (245, 246) d'au moins une partie des lignes de neutralisation (130, 230, 731, 733) sont des diodes PIN polarisées à l'aide d'un signal continu (DC) superposé aux signaux RF véhiculé par le système pour sélectivement, soit rendre conductrice la diode PIN et permettre que l'élément rayonnant (110, 120) auquel elle est attachée devienne actif, soit rendre non conductrice la diode PIN de telle sorte que l'élément rayonnant (110, 120) auquel elle est attachée devienne inactif.

30

11. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant deux éléments rayonnants (110, 120) et comprenant deux lignes de neutralisation (130, 230) reliant entre eux lesdits deux éléments rayonnants (110, 120).
5
12. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 comprenant au moins deux éléments rayonnants (110, 120) et comprenant au moins trois lignes de neutralisation (130, 731, 733) reliant entre eux lesdits deux éléments rayonnants (110, 120).
10
13. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les lignes de neutralisation (130, 731, 733) sont suspendues entre les éléments rayonnants (110, 120) et à distance du plan de masse (100).
15
14. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 comprenant un empilement de couches superposées sans espace vide intermédiaire et dont une couche forme le plan de masse et dont une autre couche comprend les lignes de neutralisation et les éléments rayonnants.
20
15. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes comprenant au moins trois éléments rayonnants (810, 820, 830, 840) et une pluralité de lignes de neutralisation (835, 837, 839) reliant entre eux les éléments rayonnants (810, 820, 830, 840).
25
16. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel au moins certains et de préférence tous les éléments rayonnants (110, 20, 810, 820, 830, 840) présentent chacun une forme générale de languette et présentent les dimensions suivantes :
30
- une longueur comprise entre $\lambda/2$ et $\lambda/6$ et de préférence de $\lambda/4$,
 - une largeur comprise entre $\lambda/10$ et $\lambda/20$ et de préférence de $\lambda/20$,
 - une hauteur comprise entre $\lambda/30$ et $\lambda/15$ et de préférence comprise entre $\lambda/28$ et $\lambda/20$;

λ étant la longueur d'onde du signal que l'élément rayonnant (110, 20, 810, 820, 830, 840) est destiné à recevoir/émettre.

17. Appareil de télécommunication comprenant un système d'antennes
5 multiple selon l'une quelconque des revendications précédentes et comprenant un récepteur et/ou un émetteur couplé audit système d'antennes multiple.

Art Antérieur

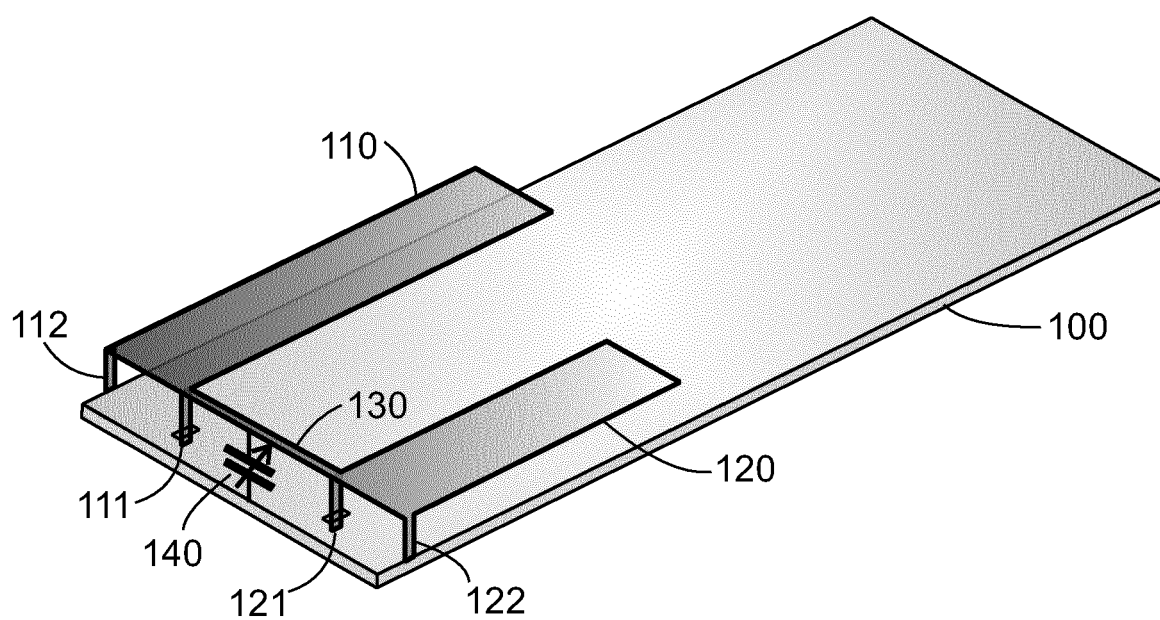


Figure 1

2/8

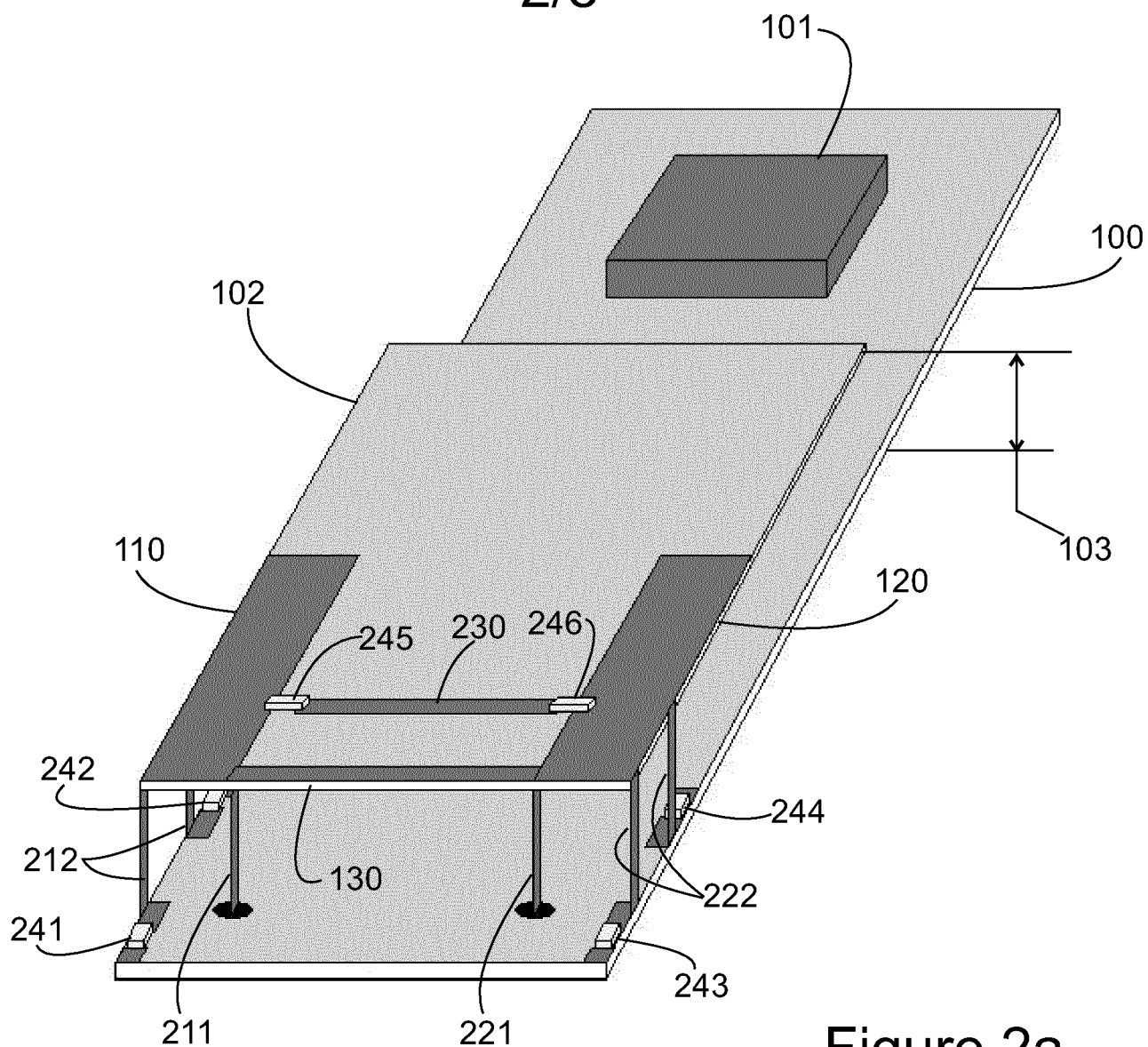


Figure 2a

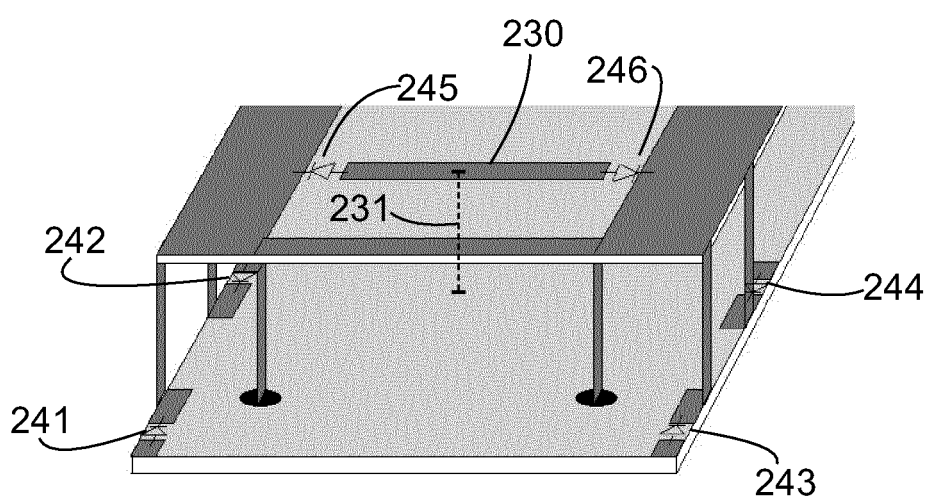


Figure 2b

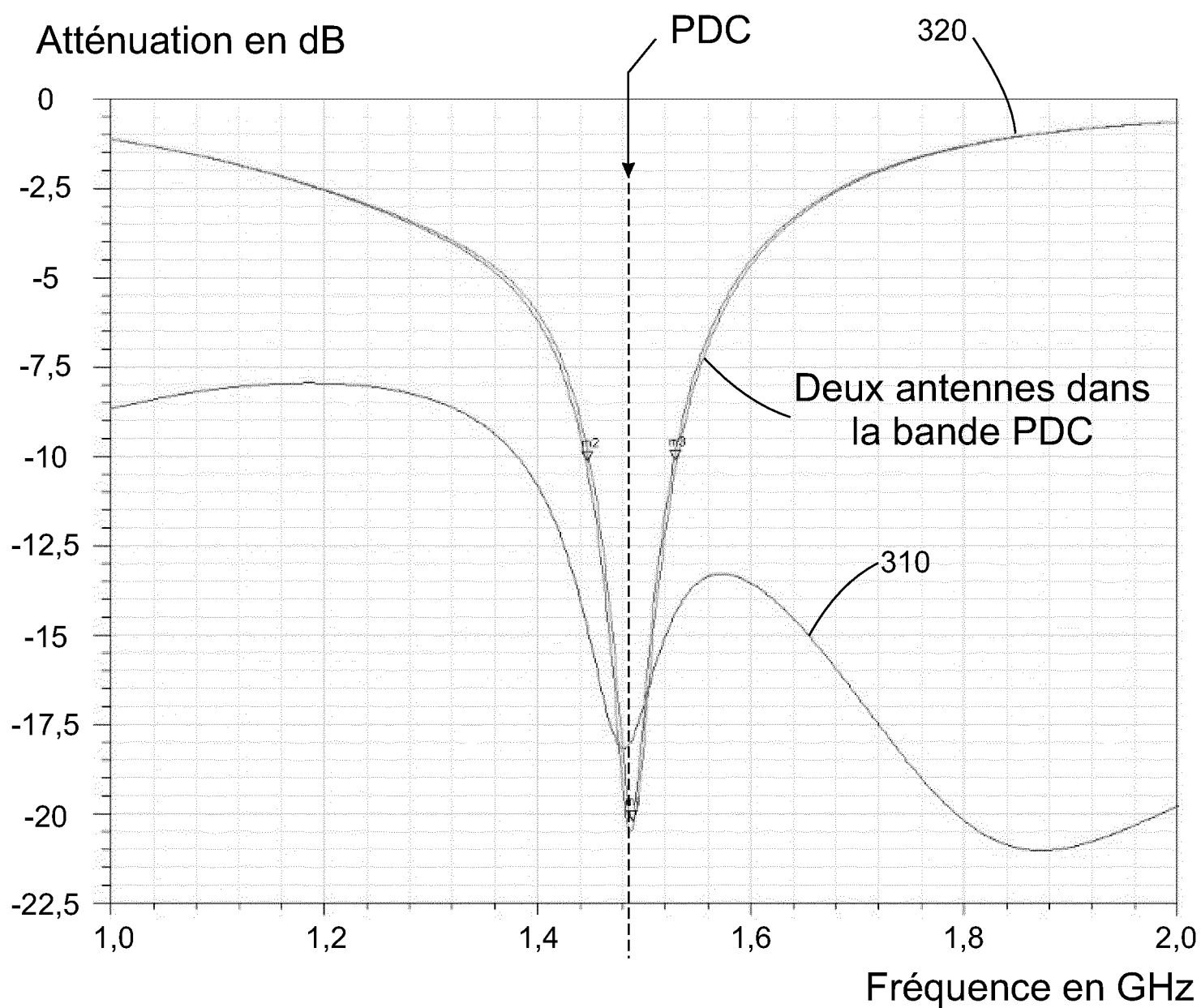


Figure 3

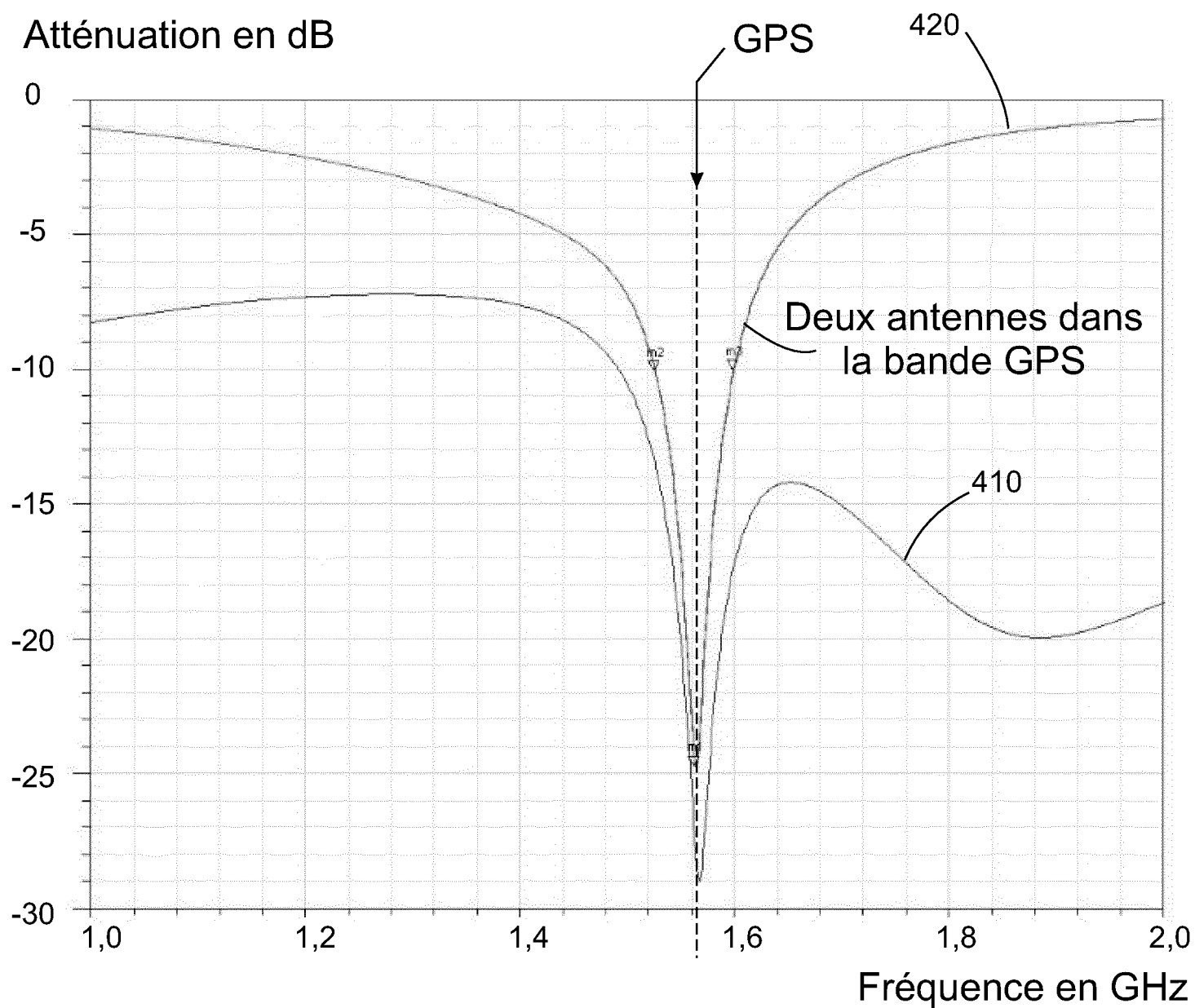


Figure 4

5/8

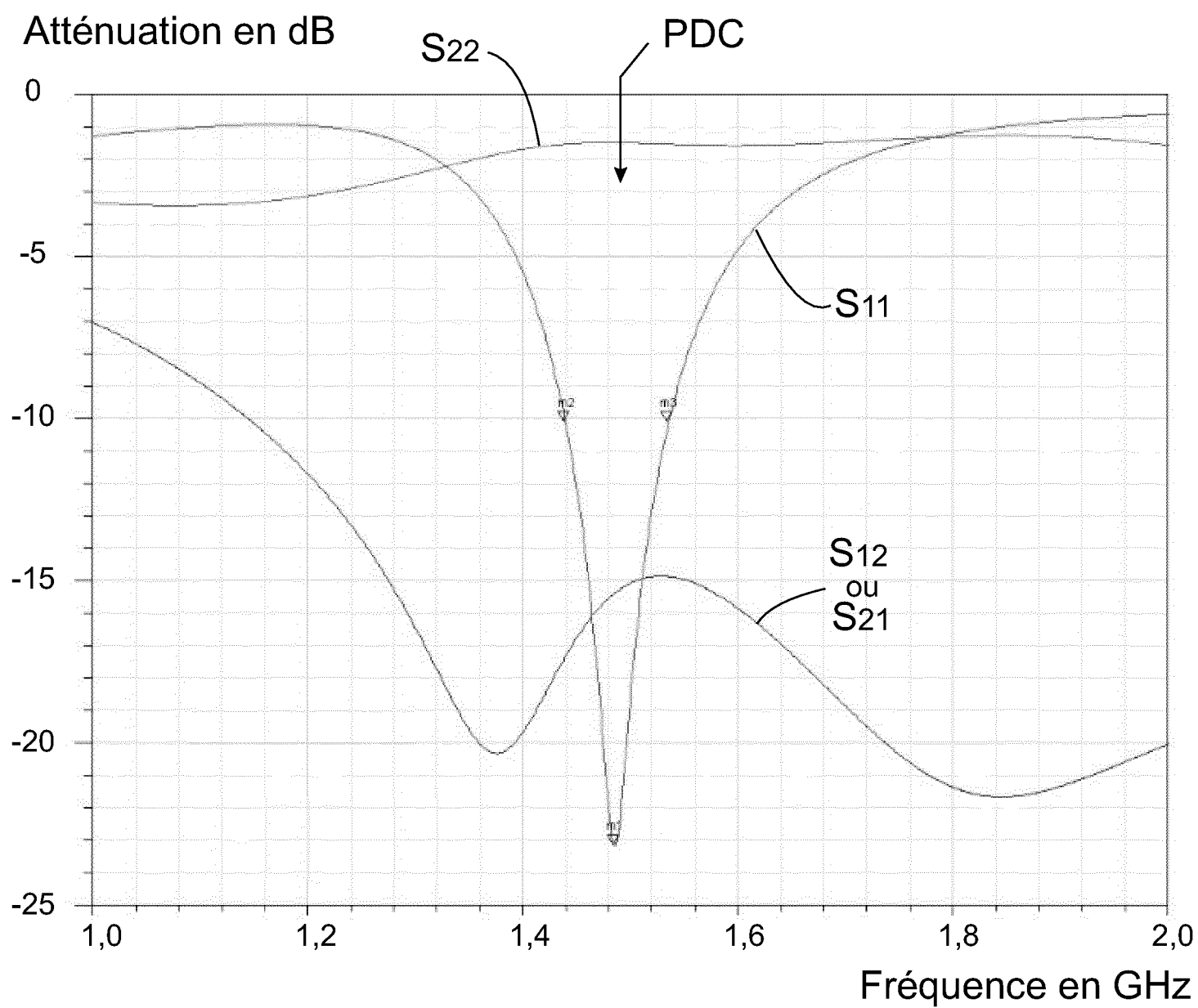


Figure 5

6/8

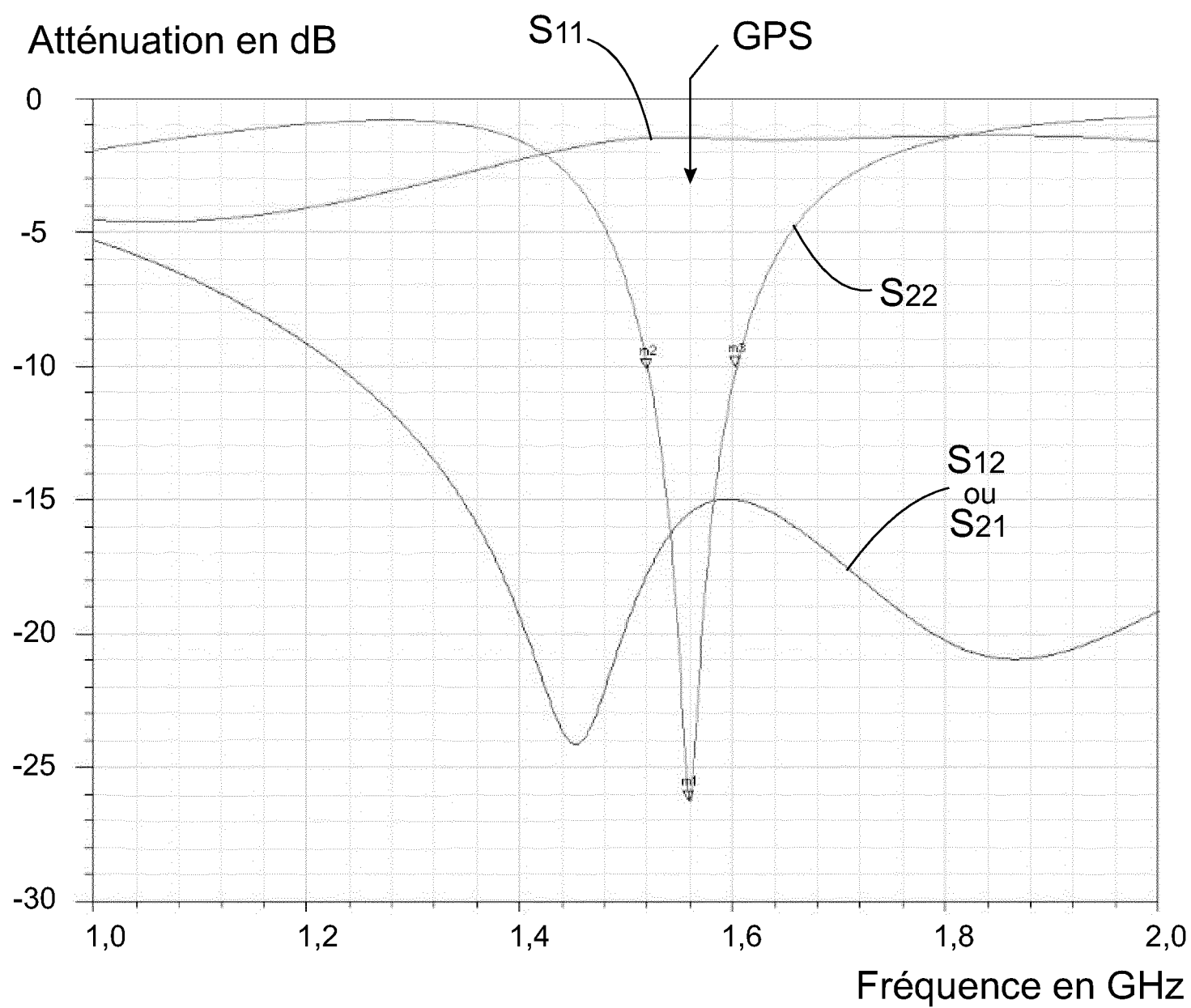


Figure 6

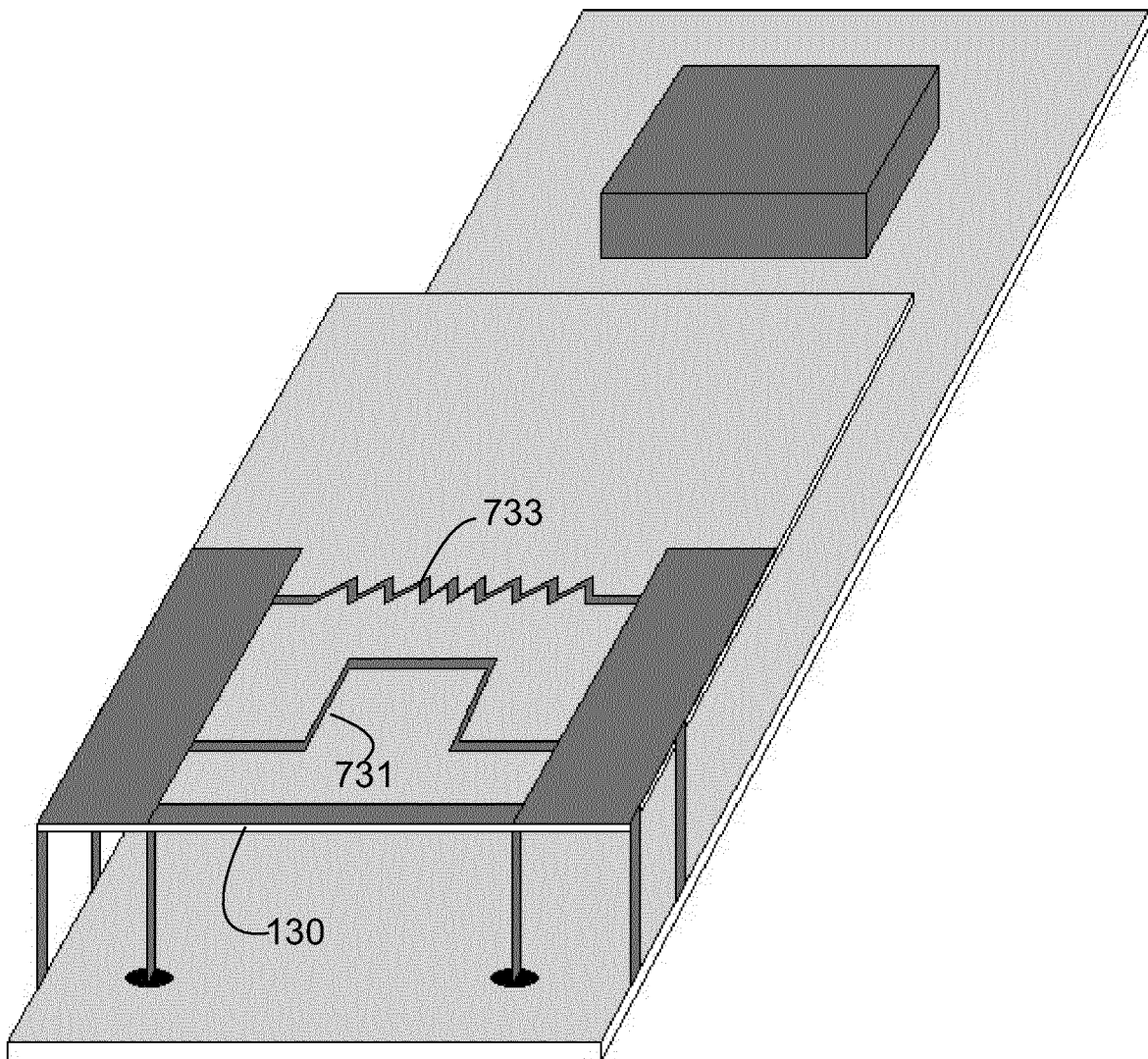


Figure 7

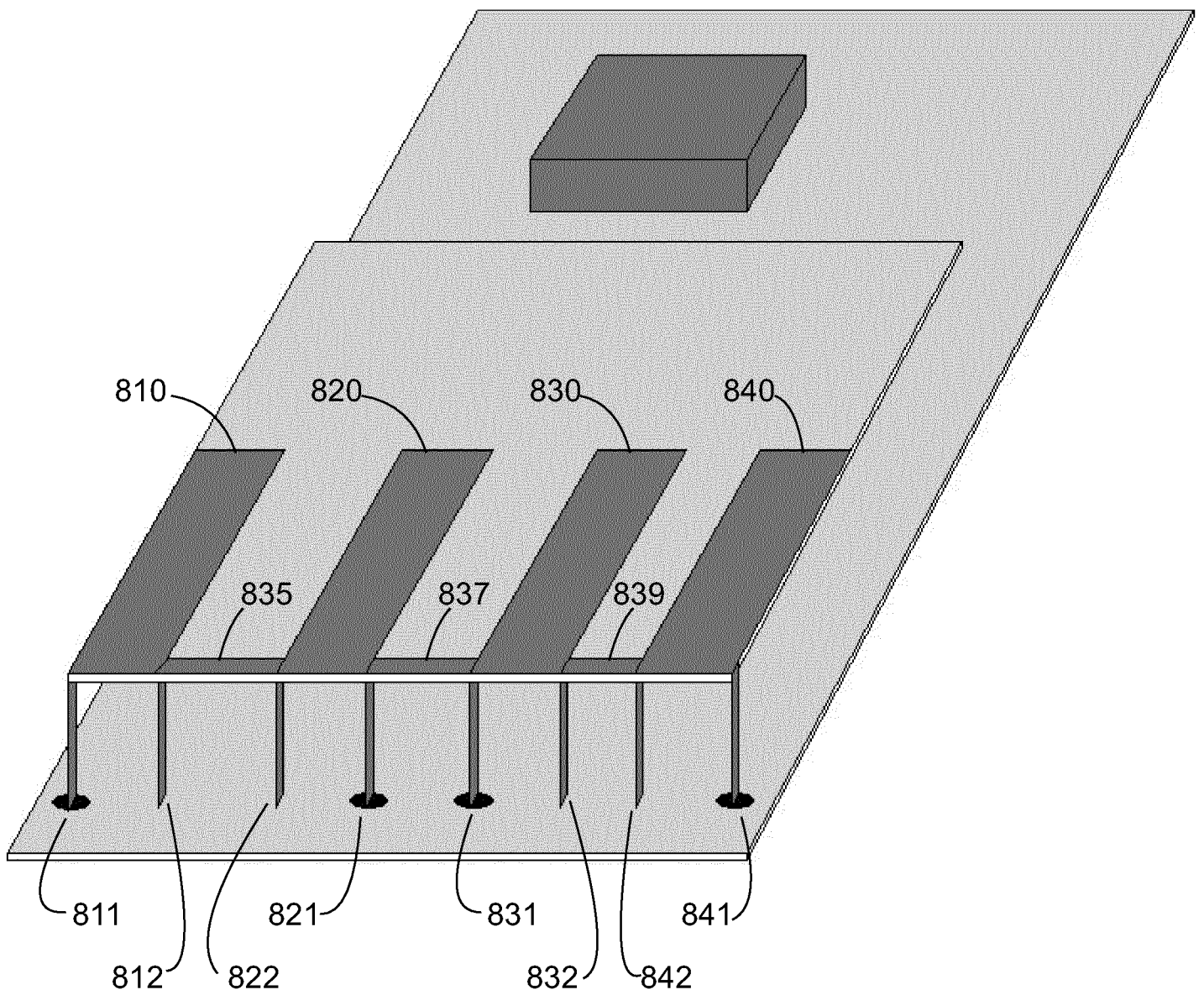


Figure 8



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 798221
FR 1454478

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2011/237207 A1 (BAUDER RUEDIGER [DE]) 29 septembre 2011 (2011-09-29)	1,2, 5-12,15, 17 3,4	H01Q1/52 H01Q9/04 H04B7/02
Y	* alinéas [0004], [0005] * * alinéa [0033] - alinéa [0036]; figure 4 *		
X	US 2008/258991 A1 (MONTGOMERY MARK T [US] ET AL) 23 octobre 2008 (2008-10-23) * alinéas [0066], [0076] - alinéa [0082]; figures 11, 13 * * alinéa [0088] - alinéa [0090]; figure 16 *	1,2,5-17	
Y	US 2010/304688 A1 (KNUDSEN MIKAEL BERGHOLZ [DK] ET AL) 2 décembre 2010 (2010-12-02) * alinéas [0011], [0029] - alinéa [0037]; figures 2-3b * * alinéa [0056] - alinéa [0070]; figure 4 *	3,4	
A	EP 0 847 101 A2 (RAYTHEON E SYSTEMS INC [US]) 10 juin 1998 (1998-06-10) * colonnes 3, 6; figures 2, 8 *	15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01Q
A	DIALLO A ET AL: "MIMO performance of enhanced UMTS four-antenna structures for mobile phones in the presence of the user's head", ANTENNAS AND PROPAGATION INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2007 IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 1 juin 2007 (2007-06-01), pages 2853-2856, XP031169774, ISBN: 978-1-4244-0877-1 * Chapter 2; figure 1 *	1,5	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 janvier 2015		Hueso González, J	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1454478 FA 798221

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-01-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011237207 A1	29-09-2011	US 2011237207 A1	29-09-2011
		WO 2011119659 A1	29-09-2011

US 2008258991 A1	23-10-2008	JP 4723673 B2	13-07-2011
		JP 2009521898 A	04-06-2009
		KR 20090068087 A	25-06-2009
		KR 20100017955 A	16-02-2010
		TW 200843203 A	01-11-2008
		US 2008258991 A1	23-10-2008
		WO 2008130427 A1	30-10-2008

US 2010304688 A1	02-12-2010	DE 102010029314 A1	20-01-2011
		US 2010304688 A1	02-12-2010
		US 2012178388 A1	12-07-2012

EP 0847101 A2	10-06-1998	AR 008926 A1	23-02-2000
		AU 724045 B2	07-09-2000
		AU 4691797 A	11-06-1998
		BR 9706130 A	30-03-1999
		EP 0847101 A2	10-06-1998
		JP H10178314 A	30-06-1998
		US 5892482 A	06-04-1999
