

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 011 685

②1 N° d'enregistrement national : **13 59647**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 Q 9/04 (2013.01), H 01 Q 1/36**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 04.10.13.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.04.15 Bulletin 15/15.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : THALES COMMUNICATIONS & SECURITY S.A.S Société par actions simplifiée — FR, D C N S Société anonyme — FR, UNIVERSITE DE RENNES 1 Etablissement public — FR et CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) Etablissement public — FR.

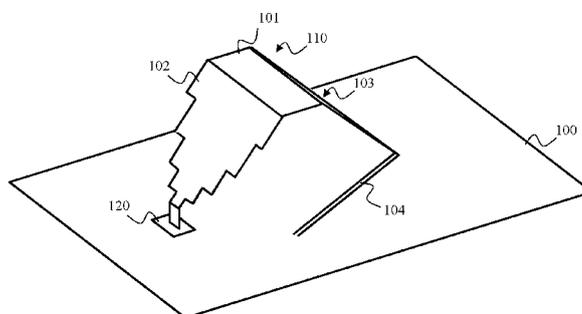
⑦2 Inventeur(s) : MANAC'H LILIA, CASTEL XAVIER, HIMDI MOHAMED, LE MEINS CYRILLE, PARNEIX PATRICK et OUTTERS EMMANUEL.

⑦3 Titulaire(s) : THALES COMMUNICATIONS & SECURITY S.A.S, D C N S Société anonyme, UNIVERSITE DE RENNES 1 Etablissement public, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) .

⑦4 Mandataire(s) : CABINET LE GUEN ET MAILLET Société civile professionnelle.

⑤4 ANTENNE BOUCLE VOLUMIQUE COMPACTE LARGE BANDE.

⑤7 Une antenne boucle comporte un élément rayonnant (110) et un plan de masse (100). L'élément rayonnant comporte des première (101), seconde (102) et troisième (103) parties dans le prolongement les unes des autres de telle sorte que: la première partie est substantiellement sous forme d'une plaque parallèle au plan de masse; la seconde partie, accolée à la première partie et inclinée vers le plan de masse selon un premier angle obtus, est substantiellement sous forme d'une plaque; la troisième partie, accolée à la première partie à l'opposé de la seconde partie et inclinée vers le plan de masse selon un second angle obtus, est substantiellement sous forme d'une plaque. L'élément rayonnant comporte aussi une quatrième partie (104), sous forme d'une lame s'étendant entre la troisième partie et le plan de masse, réalisant un court-circuit. L'antenne boucle est destinée à être alimentée via une extrémité de ladite seconde partie opposée à ladite première partie.



FR 3 011 685 - A1



La présente invention concerne une antenne sectorielle de type monopôle ou dipôle boucle volumique à fort gain et à large bande.

Dans le domaine des antennes à fort gain et à large bande, l'antenne « Valentine » (*"A novel antenna for transient applications in the frequency band 300 MHz – 3 GHz: the Valentine antenna"*, J.C. Diot et al, 2007, IEEE Antennas and Propagation, Vol. 55, pp. 987–990) est une antenne de type dipôle à onde progressive. Cette antenne est réalisée à partir de larges rubans en cuivre recourbés selon un profil exponentiel et repliés de manière circulaire. Cette antenne a été conçue pour fonctionner dans une large bande fréquentielle allant de 300 MHz à 3 GHz. Cette antenne présente un très fort gain, supérieur à 9 dBi de 500 MHz à 2,5 GHz. Au regard de sa bande fréquentielle d'utilisation, cette antenne possède des dimensions importantes : 1112 mm × 52 mm × 950 mm, surtout en termes de profondeur, ce qui rend difficile voire impossible son intégration dans certaines structures porteuses notamment lorsque on souhaite l'utiliser à plus basse fréquence. Cette antenne offre ainsi une surface équivalente radar SER (RCS pour « Radar Cross Section » en anglais) importante. Les mêmes difficultés sont rencontrées avec l'antenne « Libellule » (*"UWB-SAR system PULSAR: new generator and antenna developments"*, P. Delmote et al, 2003, SPIE'S 17th Annual International Symposium on Aerospace/Defense Sensing, Simulation and Controls, USA, Vol. 5077, pp. 223–234).

L'antenne « Double résonateur SF₆ » (*"Frequency-Tunable High-Power Mesoband Microwave Radiator"*, G. Xu et al, 2011, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 39, pp. 652–658) est une antenne large bande imprimée à double résonateur. Cette antenne a été développée pour fonctionner dans la bande fréquentielle allant de 260 MHz à 460 MHz. Cette antenne a pour dimensions : 400 mm × 400 mm × 130 mm, et possède une surface équivalente radar réduite. Son architecture est multicouche et s'appuie sur différents matériaux. Une première strate de cette antenne est constituée d'un plan de masse, d'un substrat de nylon sur lequel est collé un patch rayonnant. L'alimentation est réalisée par un câble coaxial, dont l'âme (recouverte de plexiglas) traverse le nylon. Une seconde couche de nylon est séparée du patch rayonnant par du gaz SF₆ pressurisé à deux fois la pression atmosphérique. Un second patch rayonnant est enfin disposé sur la seconde couche de nylon, sur la partie haute de la structure. Cette structure empilée offre un comportement large bande et le gaz SF₆ est employé afin d'améliorer la tenue en

tension. Cependant, l'utilisation d'un tel gaz complexifie la mise en œuvre de l'antenne, puisque ce gaz a été répertorié parmi les gaz à effet de serre par le protocole de Kyoto.

Il est souhaitable de pallier ces inconvénients de l'état de la technique. Il est
5 notamment souhaitable de fournir une antenne volumique qui soit à encombrement réduit pour un fonctionnement à fort gain sur une large bande fréquentielle, notamment dans la large bande fréquentielle allant de 100 MHz à 500 MHz.

Il est notamment souhaitable de fournir une antenne volumique de dimensions réduites de manière à faciliter son intégration dans différentes structures porteuses et à
10 réduire sa surface équivalente radar.

Il est aussi souhaitable de fournir une antenne dont le diagramme de rayonnement est sectoriel et symétrique.

Il est notamment souhaitable de fournir une solution qui soit simple à mettre en œuvre, à faible coût et de faible masse.

15 L'invention concerne une antenne boucle comportant un premier élément rayonnant et un plan de masse agissant comme plan réflecteur. Le premier élément rayonnant comporte des première, seconde et troisième parties dans le prolongement les unes des autres de telle sorte que : la première partie est substantiellement sous forme d'une plaque parallèle au plan de masse ; la seconde partie, accolée à la
20 première partie et inclinée vers le plan de masse selon un premier angle obtus entre ladite première partie et ladite seconde partie, est substantiellement sous forme d'une plaque ; la troisième partie, accolée à la première partie à l'opposé de la seconde partie et inclinée vers le plan de masse selon un second angle obtus entre ladite première partie et ladite troisième partie, est substantiellement sous forme d'une plaque.
25 L'antenne boucle est telle que le premier élément rayonnant comporte en outre une quatrième partie, sous forme d'une lame s'étendant entre la troisième partie et le plan de masse, réalisant un court-circuit entre ladite troisième partie et ledit plan de masse. Enfin, l'antenne boucle est destinée à être alimentée via une extrémité de ladite seconde partie opposée à ladite première partie. Ainsi, l'inclinaison des seconde et
30 troisième parties du premier élément rayonnant permet d'obtenir une antenne volumique à encombrement réduit. Le fait que les seconde et troisième parties du premier élément rayonnant soit inclinées permet que les composantes de courant parallèle au plan de masse s'ajoutent entre elles, alors que les composantes de courant perpendiculaires au plan de masse se compensent substantiellement. Les performances

de l'antenne boucle sont ainsi optimisées. La forme de l'antenne boucle permet en outre d'obtenir une surface équivalent radar réduite.

Selon un mode de réalisation particulier, ladite seconde partie comporte des indentations successives de telle sorte que, plus lesdits bords de la seconde partie s'écartent de la première partie, plus ils se rapprochent l'un de l'autre. Ainsi, l'adaptation de l'antenne boucle sur une large bande fréquentielle est améliorée.

Selon un mode de réalisation particulier, l'extrémité de la seconde partie opposée à la première partie présente un pli avec le reste de ladite seconde partie, de telle sorte que l'extrémité pliée de la seconde partie soit substantiellement perpendiculaire au plan de masse, en regard d'une ouverture pratiquée dans le plan de masse. Ainsi, la mise en œuvre de l'antenne est facilitée en permettant de connecter l'alimentation de l'antenne boucle en passant à travers le plan de masse.

Selon un mode de réalisation particulier, l'extrémité de la seconde partie opposée à la première partie est connectée à un circuit d'adaptation d'impédance.

Selon un mode de réalisation particulier, l'antenne boucle comprend un second élément rayonnant identique au premier élément rayonnant, placé sur le plan de masse à 180° du premier élément rayonnant par rapport à un axe de rotation perpendiculaire au plan de masse de telle sorte que lesdites troisièmes parties des premier et second éléments rayonnants se fassent face et que lesdits premier et second éléments rayonnants soient substantiellement alignés, et l'antenne boucle est en outre destinée à être alimentée en opposition de phase via une extrémité de ladite seconde partie du second élément rayonnant opposée à ladite première partie. Ainsi, le diagramme de rayonnement de l'antenne boucle est symétrisé.

Selon un mode de réalisation particulier, l'antenne boucle comporte un équipement combineur/diviseur destiné à alimenter en opposition de phase lesdits premier et second éléments rayonnants. Ainsi, le diagramme de rayonnement de l'antenne boucle est symétrisé et l'alimentation de l'antenne boucle est simple.

Selon un mode de réalisation particulier, chaque élément rayonnant et/ou le plan de masse est en tissu à base de fibres de carbone. Ainsi, la surface équivalente radar de l'antenne boucle est encore réduite, ainsi que sa masse.

Selon un mode de réalisation particulier, pour assurer une connexion électrique, chaque élément en tissu à base de fibres de carbone comporte au moins une zone de contact présentant l'un des éléments du groupe suivant : un jacquard de fils métalliques ; un clinquant de métal étamé ; une surépaisseur de tissu à base de fibres

de carbone au niveau de laquelle un taraudage est pratiqué dans l'épaisseur du tissu à base de fibres de carbone afin de permettre d'insérer une tige filetée assurant ladite connexion électrique ; une surépaisseur de tissu à base de fibres de carbone au niveau de laquelle un écrou est incorporé afin de permettre d'insérer dans l'épaisseur une tige
5 filetée assurant ladite connexion électrique ; et un rivet assurant ladite connexion électrique par pression. Ainsi, la connexion électrique de l'antenne boucle est assurée simplement et efficacement.

Selon un mode de réalisation particulier, au moins un bloc de matériau expansé de caractéristiques diélectriques proches de l'air est inséré de manière ajustée dans le
10 volume qui est défini entre chaque élément rayonnant et le plan de masse. Ainsi, la rigidité de la structure antennaire est accrue.

Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi
15 lesquels :

- la Fig. 1A illustre schématiquement une première vue en perspective d'une antenne monopôle boucle, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la Fig. 1B illustre schématiquement une seconde vue en perspective de l'antenne monopôle boucle ;
- 20 - la Fig. 1C illustre schématiquement une structure aplanie d'un élément rayonnant de l'antenne monopôle boucle ;
- la Fig. 1D illustre un schéma de connexion électrique de l'antenne monopôle boucle ;
- la Fig. 2 illustre schématiquement un aménagement pratiqué dans un plan de
25 masse de l'antenne monopôle boucle, dans le cadre de la connexion électrique de l'antenne monopôle boucle ;
- la Fig. 3A illustre un schéma de connexion vue en perspective d'une antenne dipôle boucle, selon un second mode de réalisation de l'invention ;
- la Fig. 3B illustre schématiquement une vue en perspective de l'antenne
30 dipôle boucle ;
- la Fig. 4 illustre schématiquement une courbe de gain sur une bande de fréquence allant de 90 MHz à 500 MHz, dans un mode de réalisation particulier de l'antenne dipôle boucle ; et

- les Figs. 5A à 5E illustrent schématiquement des diagrammes de rayonnement à différentes fréquences, dans le mode de réalisation particulier de l'antenne dipôle boucle.

Sur la Fig. 1A est représentée une première vue en perspective d'une antenne monopôle boucle. Sur la Fig. 1B est représentée une seconde vue en perspective, selon un angle de vue opposé à la Fig. 1A, de l'antenne monopôle boucle. Comme représenté sur les Figs. 1A et 1B, l'antenne monopôle boucle est une antenne volumique.

L'antenne monopôle boucle comporte un plan de masse 100 sur lequel est monté un élément rayonnant 110. Le plan de masse 100 joue aussi le rôle d'élément réflecteur, ce qui permet d'obtenir une antenne à couverture radiofréquence sectorielle en réduisant le rayonnement arrière de l'antenne.

L'élément rayonnant 110 est composé de quatre parties principales.

Une première partie 101 est substantiellement sous la forme d'une plaque parallèle au plan de masse 100. Préférentiellement, la première partie 101 est sous la forme d'une plaque parallèle au plan de masse 100, mais de légères déformations (*e.g.* variations dans le parallélisme de la première partie 101 vis-à-vis du plan de masse 100) peuvent être apportées sans nuire substantiellement aux performances de l'antenne boucle.

Dans le prolongement de la première partie 101 se trouve une seconde partie 102, aussi substantiellement sous la forme d'une plaque, s'inclinant vers le plan de masse 100. Préférentiellement, la seconde partie 102 est sous la forme d'une plaque, mais de légères déformations (*e.g.* variations dans l'inclinaison de la seconde partie 102 vis-à-vis de la première partie 101) peuvent être apportées sans nuire substantiellement aux performances de l'antenne boucle.

Dans le prolongement de la première partie 101, à l'opposé de la seconde partie 102, se trouve une troisième partie 103, aussi substantiellement sous la forme d'une plaque, s'inclinant aussi vers le plan de masse 100. Préférentiellement, la troisième partie 103 est sous la forme d'une plaque, mais de légères déformations (*e.g.* variations dans l'inclinaison de la troisième partie 103 vis-à-vis de la première partie 101) peuvent être apportées sans nuire substantiellement aux performances de l'antenne boucle.

L'élément rayonnant 110 comporte en outre une quatrième partie 104, sous la forme d'une lame, reliant la troisième partie 103 au plan de masse, formant ainsi un

court-circuit entre ladite troisième partie 103 et le plan de masse 100. La quatrième partie 104 est montée, dans le prolongement de la troisième partie 103, sur une extrémité du bord de la troisième partie 103 qui est opposé à la première partie 101. La quatrième partie 104 est ainsi un retour de masse localisé où la densité en courant
5 est maximale au niveau de la troisième partie 103, afin d'améliorer les performances aux basses fréquences de l'antenne monopôle boucle.

L'angle formé par la première partie 101 et la seconde partie 102 du côté du plan de masse 100 est un angle obtus. En d'autres termes, la seconde partie 102 ne s'étend pas entre la première partie 101 et le plan de masse 100. L'angle formé par un
10 tel agencement est schématiquement représenté sur la Fig. 1D (angle A), décrite ci-après.

L'angle formé par la première partie 101 et la troisième partie 103 du côté du plan de masse 100 est aussi un angle obtus. En d'autres termes, la troisième partie 103 ne s'étend pas entre la première partie 101 et le plan de masse 100. L'angle formé par un
15 un tel agencement est schématiquement représenté sur la Fig. 1D (angle B), décrite ci-après.

La quatrième partie 104 s'étend entre la troisième partie 103 et le plan de masse 100. Un tel agencement est schématiquement représenté sur la Fig. 1D, décrite ci-après.

20 Le bord de la quatrième partie 104 qui est rattaché à la troisième partie 103 est de dimension très inférieure à celle du bord de la troisième partie 103 auquel est rattaché ladite quatrième partie 104. Cet agencement est schématiquement représenté sur la Fig. 1C, décrite ci-après.

Les bords de la seconde partie 102 qui sont dans le prolongement de la première
25 partie 101 sont préférentiellement en forme d'indentations successives, de telle sorte que, plus lesdits bords de la seconde partie 102 s'écartent de la première partie 101, plus ils se rapprochent l'un de l'autre. Lesdites indentations sont symétriques par rapport à la médiatrice de la jointure entre ladite première partie 101 et ladite seconde partie 102. Cet agencement est schématiquement représenté sur la Fig. 1C, décrite ci-
30 après. Cet agencement permet d'améliorer l'adaptation de l'antenne sur une large bande fréquentielle.

Le plan de masse 100 présente préférentiellement une ouverture 120 en regard de l'extrémité de la seconde partie 102 qui est à l'opposé de la première partie 101. Ladite ouverture, comme détaillée par la suite en relation avec la Fig. 2, permet de

faciliter la connexion électrique de l'antenne de telle sorte que le câble coaxial soit monté de l'autre côté du plan de masse par rapport à l'élément rayonnant 110, tout en préservant une isolation électrique entre la seconde partie 102 et le plan de masse 100.

La dernière indentation à l'opposé de la première partie 102 présente
5 préférentiellement un pli avec le reste de la seconde partie 102, de telle sorte que l'extrémité pliée de la seconde partie 102 soit substantiellement perpendiculaire au plan de masse 100 en regard de l'ouverture 120. Cela facilite la connexion de l'antenne au câble coaxial permettant la réception ou la transmission d'un signal radiofréquence via ladite antenne.

10 La géométrie de l'antenne monopôle boucle présentée ci-dessus est substantiellement compacte au regard de la longueur d'onde maximale traitée. Le caractère incliné des seconde 102 et troisième 103 parties permet de réduire la surface équivalente radar. Du fait de cette géométrie, l'élément rayonnant 110 et/ou le plan de masse 100 peut être réalisé à partir d'un matériau électriquement conducteur
15 (préférentiellement par découpe et pliage pour l'élément rayonnant 110), tel qu'un matériau métallique. L'élément rayonnant 110 et/ou le plan de masse 100 peuvent être réalisés à partir de tissu à base de fibres de carbone : tissu de fibres de carbone, tissu de carbone hybride intégrant un tissage de fils métalliques (argent, or, cuivre, aluminium,...) ou tissu de carbone hybride intégrant des fibres diélectriques (fibres de
20 verre, fibres aramides,...).

Chacune des trois parties de l'ensemble formé par les première 101, seconde 102 et troisième 103 parties de l'élément rayonnant 110 contribue au rayonnement dans l'axe de l'antenne monopôle boucle (axe perpendiculaire au plan de masse 100). De plus, le courant dans les seconde 102 et troisième 103 parties génère deux
25 composantes : une composante horizontale (dans le sens de propagation du courant) et une composante verticale, en considérant le plan de masse 100 comme horizontal. Lesdites composantes verticales (donc perpendiculaires au plan de masse 100) s'annulent mutuellement, alors que lesdites composantes horizontales (donc parallèles au plan de masse 100) s'additionnent mutuellement et se rajoutent à l'unique
30 composante horizontale de la première partie 101. Le caractère incliné des seconde 102 et troisième 103 parties de l'élément rayonnant permet ainsi d'augmenter les performances de l'antenne.

Préférentiellement, l'élément rayonnant 110 et le plan de masse 100 sont réalisés à partir de tissu à base de fibres de carbone. Le tissu à base de fibres de

carbone est préférentiellement consolidé par stratification. Par conséquent, cette antenne peut facilement être placée sur une paroi d'une structure porteuse, telle qu'une paroi de navire ou de véhicule terrestre, ou dans une cavité pratiquée dans une telle paroi. La résine utilisée pendant l'opération de stratification peut être diélectrique
 5 ou chargée de particules ou nanoparticules électriquement conductrices, par exemple métalliques ou des nanotubes de carbone. Certaines zones de l'antenne, par exemple à des endroits où une connexion électrique doit être assurée, peuvent être stratifiées par utilisation d'une résine chargée de particules ou nanoparticules électriquement conductrices, alors que le reste de l'antenne boucle est stratifiée par utilisation d'une
 10 résine diélectrique. Cet agencement permet de réduire les pertes résistives dues à l'utilisation des fibres de carbone.

L'épaisseur nécessaire de tissu à base de fibres de carbone, ou plus généralement de matériau électriquement conducteur, est définie par l'épaisseur de peau (« skin depth » en anglais), c'est-à-dire l'épaisseur en surface dans laquelle se
 15 concentre le courant électrique dans un conducteur et qui est inversement proportionnelle à la racine carrée de la fréquence du signal électrique. Ainsi, en fonction de la bande d'intérêt du signal à capter ou à transmettre par l'antenne, il est possible de connaître l'épaisseur minimale requise de matériau. Les contraintes mécaniques que l'antenne est destinée à subir sont aussi un facteur à prendre en
 20 compte pour définir l'épaisseur requise de matériau. En considérant du tissu à base de fibres de carbone, le nombre de couches, aussi appelées *plis*, de tissu permet donc d'ajuster l'épaisseur minimale de tissu pour atteindre au moins l'épaisseur de peau recherchée.

Un exemple de dimensionnement de l'élément rayonnant est donné ci-après en
 25 relation avec la Fig. 1C, permettant d'assurer des transmissions radiofréquences dans la large bande 100 MHz – 500 MHz. Sur la Fig. 1C, les différentes parties constitutives de l'élément rayonnant 110 sont représentées de manière aplatie. La première partie 101 est de largeur N_6 égale à 75 mm et de longueur L_5 (bords de jonction avec les seconde 102 et troisième 103 parties) égale à 484 mm. La seconde
 30 partie 102 est de largeur $N_1+N_2+N_3+N_4+N_5$ égale à 280 mm et de longueur L_5 (bord de jonction avec la première partie 101) égale à 484 mm. Une première indentation pratiquée à une distance N_5 égale à 65 mm du bord de jonction avec la première partie 101 permet de réduire la longueur de la seconde partie 102 à une valeur L_4 égale à 382 mm. Une seconde indentation pratiquée à une distance N_4 égale à 60 mm de la

première indentation permet de réduire la longueur de la seconde partie 102 à une valeur L_3 égale à 266 mm. Une troisième indentation pratiquée à une distance N_3 égale à 50 mm de la seconde indentation permet de réduire la longueur de la seconde partie 102 à une valeur L_2 égale à 150 mm. Une quatrième indentation pratiquée à une distance N_2 égale à 30 mm de la troisième indentation permet de réduire la longueur de la seconde partie 102 à une valeur L_1 égale à 58 mm. Le morceau extrême de la seconde partie 102 (à l'extrémité opposée à la première partie 101) est donc de dimensions $N_1 \times L_1$, avec N_1 égal à 75 mm. Ce morceau extrême est replié à 55 mm du bord de la seconde partie 102 (à l'extrémité opposée à la première partie 101), de sorte à ramener la forme de la seconde partie 102 substantiellement perpendiculaire au plan de masse 100. La troisième partie 103 est de largeur N_7 égale à 150 mm et de longueur L_5 (bord de jonction avec la première partie 101) égale à 484 mm. La quatrième partie 104 est de longueur N_8 égale à 235 mm et de largeur L_6 (bord de jonction avec la troisième partie 103) égale à 20 mm. L'angle formé par la première partie 101 et la troisième partie 103 du côté du plan de masse 100 (angle B sur la Fig. 1D) est de $130,5^\circ$. L'angle formé par la première partie 101 et la seconde partie 102 du côté du plan de masse 100 (angle A sur la Fig. 1D) est de 135° . L'angle formé entre la troisième partie 103 et la quatrième partie 104 du côté de la seconde partie 102 (angle C sur la Fig. 1D) est de $74,7^\circ$.

L'exemple illustratif donné ci-dessus peut être modifié par homothétie de manière à adapter l'antenne à une autre bande fréquentielle.

Une connexion électrique est réalisée entre la quatrième partie 104 et le plan de masse 100. Une connexion électrique est aussi réalisée entre l'extrémité de la seconde partie 102 opposée à la première partie 101 et le conducteur central du câble coaxial. Une connexion électrique est aussi réalisée entre le plan de masse 100 et le conducteur externe du câble coaxial, qui fait office de masse. Chacune de ces connexions électriques peut être réalisée de différentes manières.

Selon un premier mode de réalisation, lorsqu'un élément de cette connexion électrique est en tissu à base de fibres de carbone, ladite connexion électrique est réalisée grâce à une pince en clinquant de métal étamé, tel que du cuivre. Une telle pince est formée d'une plaque rectangulaire de métal étamé, pliée en deux de part et d'autre du morceau de tissu à base de fibres de carbone constituant ledit élément. Chaque clinquant de métal est ensuite pressé sous trois tonnes, puis chauffé localement à 400°C , par exemple à l'aide d'un fer à souder. Une feuille de polymère

(ruban adhésif, gutta,...) peut être placée sur la surface externe du clinquant de métal ainsi monté, afin de permettre une stratification de l'antenne. Cette feuille de polymère permet d'éviter qu'un dépôt de résine ne vienne recouvrir les clinquants de métal et ne vienne gêner une soudure ultérieure.

5 Selon un second mode de réalisation, lorsqu'un élément de cette connexion électrique est en tissu à base de fibres de carbone, un jacquard de fils métalliques, en cuivre de préférence, est tissé au sein dudit élément à l'endroit où la connexion électrique doit être assurée. Une soudure est alors réalisée avec le jacquard de fils métalliques. Une feuille de polymère (ruban adhésif, gutta,...) peut être placée sur
10 chacun des jacquards de fils métalliques, afin de permettre une stratification de l'antenne. Cette feuille de polymère permet d'éviter qu'un dépôt de résine ne vienne recouvrir le jacquard de fils métalliques et ne vienne gêner la soudure ultérieure.

Selon un troisième mode de réalisation, lorsqu'un élément de cette connexion électrique est en tissu à base de fibres de carbone, une surépaisseur de tissu à base de
15 fibres de carbone est présente sur ledit élément à l'endroit où la connexion électrique doit être assurée. Cette surépaisseur est apte à permettre un taraudage dans l'épaisseur du tissu à base de fibres de carbone pour recevoir une tige filetée assurant la connexion électrique.

Selon un quatrième mode de réalisation, lorsqu'un élément de cette connexion
20 électrique est en tissu à base de fibres de carbone, une surépaisseur de tissu à base de fibres de carbone est présente sur ledit élément à l'endroit où la connexion électrique doit être assurée. Cette surépaisseur est apte à permettre d'incorporer dans ladite surépaisseur un écrou pour recevoir une tige filetée assurant la connexion électrique.

Selon un cinquième mode de réalisation, lorsqu'un élément de cette connexion
25 électrique est en tissu à base de fibres de carbone, la connexion électrique peut être assurée grâce à des rivets, permettant d'assurer ainsi un contact par pression.

Sinon, lorsqu'un élément de cette connexion électrique est en métal, une soudure sur ledit élément permet d'assurer la connexion électrique.

Ainsi, l'antenne est alimentée via l'extrémité de la seconde partie 102 opposée à
30 la première partie 101 et via le conducteur central du câble coaxial. Un circuit d'adaptation d'impédance 150 réalisé à partir d'une pluralité de lignes « quart-d'onde » et/ou de composants discrets peut être ajouté sur cette alimentation de l'antenne monopôle boucle, tel que schématiquement représenté sur la Fig. 1D. Un tel circuit permet d'améliorer encore l'adaptation d'impédance de l'antenne monopôle

boucle sur l'ensemble de la bande fréquentielle d'intérêt. Le rapport d'onde stationnaire (ROS), représentatif de la qualité de l'adaptation de l'antenne, peut ainsi être diminué.

Dans un mode de réalisation particulier, le plan de masse 100 est réalisé en tissu à base de fibres de carbone et l'ouverture 120 pratiquée dans le plan de masse 100 permet de relier le plan de masse 100 au conducteur externe du câble coaxial grâce à des clinquants métalliques 200, comme par exemple des clinquants de cuivre et/ou par l'un des éléments du groupe suivant : un jacquard de fils métalliques ; une surépaisseur de tissu à base de fibres de carbone au niveau de laquelle un taraudage est pratiqué dans l'épaisseur du tissu à base de fibres de carbone afin de permettre d'insérer une tige filetée assurant la connexion électrique ; une surépaisseur de tissu à base de fibres de carbone au niveau de laquelle un écrou est incorporé afin de permettre d'insérer dans l'épaisseur une tige filetée assurant la connexion électrique ; et un rivet assurant la connexion électrique par pression. Comme montré à la Fig. 2, l'ouverture 120 a une forme substantiellement carrée et un clinquant métallique est monté sur chacun des bords de l'ouverture 120. Le montage de ces clinquants métalliques 200 est par exemple réalisé comme précédemment décrit. L'ouverture 200 permet ainsi de passer le conducteur central d'un connecteur de type N au travers du plan de masse 100 et de souder sur les clinquants métalliques 200 le conducteur externe du câble coaxial, ou de fixer le connecteur sur les quatre clinquants métalliques grâce à quatre points de fixation respectifs permettant de visser la masse au plan de masse 100.

Il convient de noter que l'ouverture 120 peut avoir une forme différente de celle présentée à la Fig. 2, par exemple une forme circulaire. Il convient aussi de noter que lorsque le connecteur est fixé au plan de masse, un nombre différent de quatre points de fixation peut être mis en œuvre.

Dans un mode de réalisation particulier, de manière à augmenter les performances de l'antenne à hautes fréquences, une antenne dipôle boucle est mise en œuvre en utilisant deux éléments rayonnants identiques, tels que précédemment décrits, montés sur un même plan de masse à 180° l'un de l'autre par rapport à un axe de rotation perpendiculaire audit plan de masse, de telle sorte que les troisièmes parties 103 desdits éléments rayonnants se font face. En outre, le plan médian de la troisième partie 103 de l'un des éléments rayonnants est substantiellement confondu avec le plan médian de la troisième partie 103 de l'autre des éléments rayonnants. En

d'autres termes, les deux éléments rayonnants sont substantiellement alignés. Un décalage peut exister entre ces deux plans médians, mais les deux éléments rayonnants sont préférentiellement alignés. Cet agencement est illustré schématiquement sur les Figs. 3A et 3B.

5 Sur la Fig. 3B est représentée une vue en perspective d'une telle antenne dipôle boucle. Un premier élément rayonnant 301, de même configuration que pour l'antenne monopôle boucle des Figs. 1A et 1B est monté sur un plan de masse 300. Un second élément rayonnant 302, identique au premier élément rayonnant 301, est aussi monté sur le plan de masse 300, à 180° par rapport au premier élément rayonnant 301 selon un axe de rotation perpendiculaire au plan de masse 300 de telle sorte que les
10 troisièmes parties 103 desdits éléments rayonnants se fassent face, et que lesdits deux éléments rayonnants soient substantiellement alignés. Les troisièmes parties 103 des premier 301 et second 302 éléments rayonnants sont ainsi montées face à face, comme illustré sur la Fig. 3B.

15 Comme dans le cadre de l'antenne monopôle des Figs. 1A et 1B, le plan de masse 300 joue le rôle de plan réflecteur.

La distance séparant le premier élément rayonnant 301 et le second élément rayonnant 302 est adaptée de manière à obtenir un diagramme de rayonnement stable dans le plan E. Cette distance est préférentiellement réduite au minimum permettant
20 une telle stabilité de diagramme de rayonnement, de manière à limiter l'encombrement de l'antenne dipôle boucle.

Chacun des éléments rayonnants et/ou le plan de masse peuvent être réalisés en matériau électriquement conducteur, par exemple métallique ou préférentiellement en tissu à base de fibres de carbone.

25 Un premier câble coaxial est connecté au premier élément rayonnant 301 et au plan de masse 300 ; un second câble coaxial est connecté au second élément 302 et au plan de masse 300. La connexion électrique s'opère comme pour l'antenne monopôle des Figs. 1A et 1B.

Ainsi, le premier élément rayonnant 301 est alimenté en phase via l'extrémité de
30 la seconde partie 102 opposée à la première partie 101 et via le conducteur central du câble coaxial correspondant. Le second élément rayonnant 302 est alimenté en opposition de phase via l'extrémité de la seconde partie 102 opposée à la première partie 101 et via le conducteur central du câble coaxial correspondant. Un circuit d'adaptation d'impédance 351, 352 réalisé à partir d'une pluralité de lignes « quart-

d'onde » et/ou de composants discrets peut être ajouté sur chacune de ces alimentations de l'antenne dipôle boucle, tel que schématiquement représenté sur la Fig. 3A. Un tel circuit permet d'améliorer encore l'adaptation d'impédance de chaque antenne monopôle boucle sur l'ensemble de la bande fréquentielle d'intérêt.

5 Les premier 301 et second 302 éléments rayonnants sont alimentés en opposition de phase au moyen d'un équipement 350 combineur/diviseur (« combiner/divider » en anglais). Ce principe d'alimentation des éléments rayonnants permet de garantir une symétrie de diagramme de rayonnement dans le plan E (plan E à $\Phi=0^\circ$ référencé 310 sur la Fig. 3B) et permet ainsi d'optimiser le gain dans l'axe de
10 l'antenne sur une large bande de fréquence.

En reprenant l'exemple de dimensionnement précédemment donné vis-à-vis de l'antenne monopôle boucle et en l'appliquant à l'antenne dipôle boucle en tissus de fibres de carbone, les résultats suivants peuvent être obtenus :

- 15 - la courbe de gain schématiquement illustrée à la Fig. 4 sur une bande de fréquence allant de 90 Mhz à 500 MHz ;
- le diagramme de rayonnement à 100 MHz schématiquement illustré à la Fig. 5A ;
- le diagramme de rayonnement à 200 MHz schématiquement illustré à la Fig. 5B ;
- 20 - le diagramme de rayonnement à 300 MHz schématiquement illustré à la Fig. 5C ;
- le diagramme de rayonnement à 400 MHz schématiquement illustré à la Fig. 5D ; et
- 25 - le diagramme de rayonnement à 500 MHz schématiquement illustré à la Fig. 5E.

Il convient de noter que, sur les Figs. 5A à 5E, les courbes en traits pleins représentent le rayonnement dans le plan E (à $\Phi=0^\circ$, tel que référencé 310 sur la Fig. 3B) et les courbes en traits pointillés représentent le rayonnement dans le plan H (à $\Phi=90^\circ$, tel que référencé 320 sur la Fig. 3B), et que les valeurs maximales des
30 diagrammes de rayonnement ont été normalisées à 0 dBi.

Dans chacun des modes de réalisation précédents, préférentiellement lorsque l'antenne boucle est réalisée à partir de tissus à base de fibres de carbone, un renfort sous forme d'au moins un bloc en matériau expansé (par exemple en mousse) dont les caractéristiques diélectriques sont proches de l'air peut être inséré de manière ajustée

dans le volume défini entre chaque élément rayonnant et le plan de masse, afin de fournir une structure antennaire de rigidité accrue. Cela permet d'améliorer la tenue mécanique de la structure antennaire et d'éviter des déformations néfastes à son bon fonctionnement.

REVENDICATIONS

1) Antenne boucle comportant un premier élément rayonnant (110 ; 301 ; 302) et un plan de masse (100 ; 300) agissant comme plan réflecteur, caractérisée en ce que le premier élément rayonnant comporte des première (101), seconde (102) et troisième parties (103) dans le prolongement les unes des autres de telle sorte que :

- la première partie est substantiellement sous forme d'une plaque parallèle au plan de masse ;

- la seconde partie, accolée à la première partie et inclinée vers le plan de masse selon un premier angle obtus (A) entre ladite première partie et ladite seconde partie, est substantiellement sous forme d'une plaque ;

- la troisième partie, accolée à la première partie à l'opposé de la seconde partie et inclinée vers le plan de masse selon un second angle obtus (B) entre ladite première partie et ladite troisième partie, est substantiellement sous forme d'une plaque ;

et en ce que le premier élément rayonnant comporte en outre une quatrième partie (104), sous forme d'une lame s'étendant entre la troisième partie et le plan de masse, réalisant un court-circuit entre ladite troisième partie et ledit plan de masse,

et en ce que l'antenne boucle est destinée à être alimentée via une extrémité de ladite seconde partie opposée à ladite première partie.

20

2) Antenne boucle selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite seconde partie comporte des indentations successives de telle sorte que, plus lesdits bords de la seconde partie s'écartent de la première partie, plus ils se rapprochent l'un de l'autre.

3) Antenne boucle selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'extrémité de la seconde partie opposée à la première partie présente un pli avec le reste de ladite seconde partie, de telle sorte que l'extrémité pliée de la seconde partie soit substantiellement perpendiculaire au plan de masse, en regard d'une ouverture (120) pratiquée dans le plan de masse.

30

4) Antenne boucle selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'extrémité de la seconde partie opposée à la première partie est connectée à un circuit d'adaptation d'impédance (150).

- 5) Antenne boucle selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que l'antenne boucle comprend un second élément rayonnant (302) identique au premier élément rayonnant (301), placé sur le plan de masse (300) à 180° du premier élément rayonnant par rapport à un axe de rotation perpendiculaire au plan de masse de telle sorte que lesdites troisièmes parties des premier et second éléments rayonnants se fassent face et que lesdits premier et second éléments rayonnants soient substantiellement alignés., et en ce que l'antenne boucle est en outre destinée à être alimentée en opposition de phase via une extrémité de ladite seconde partie du second élément rayonnant opposée à ladite première partie.
- 6) Antenne boucle selon la revendication 5, caractérisée en ce que l'antenne boucle comporte un équipement combineur/diviseur (350) destiné à alimenter en opposition de phase lesdits premier et second éléments rayonnants.
- 7) Antenne boucle selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que chaque élément rayonnant et/ou le plan de masse est en tissu à base de fibres de carbone.
- 8) Antenne boucle selon la revendication 7, caractérisée en ce que, pour assurer une connexion électrique, chaque élément en tissu à base de fibres de carbone comporte au moins une zone de contact présentant l'un des éléments du groupe suivant :
- un jacquard de fils métalliques ;
 - un clinquant de métal étamé ;
 - une surépaisseur de tissu à base de fibres de carbone au niveau de laquelle un taraudage est pratiqué dans l'épaisseur du tissu à base de fibres de carbone afin de permettre d'insérer une tige filetée assurant ladite connexion électrique ;
 - une surépaisseur de tissu à base de fibres de carbone au niveau de laquelle un écrou est incorporé afin de permettre d'insérer dans l'épaisseur une tige filetée assurant ladite connexion électrique ; et
 - un rivet assurant ladite connexion électrique par pression.
- 9) Antenne boucle selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'au moins un bloc de matériau expansé de caractéristiques diélectriques

proches de l'air est inséré de manière ajustée dans le volume qui est défini entre chaque élément rayonnant et le plan de masse.

1/8

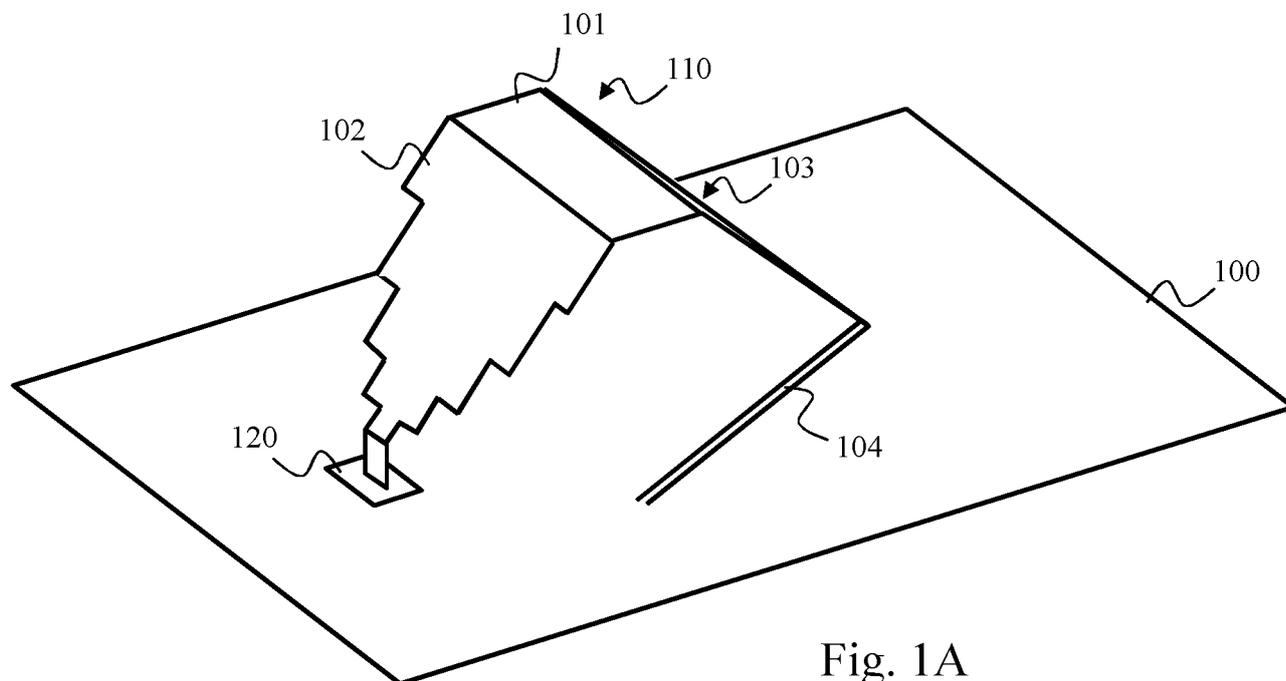


Fig. 1A

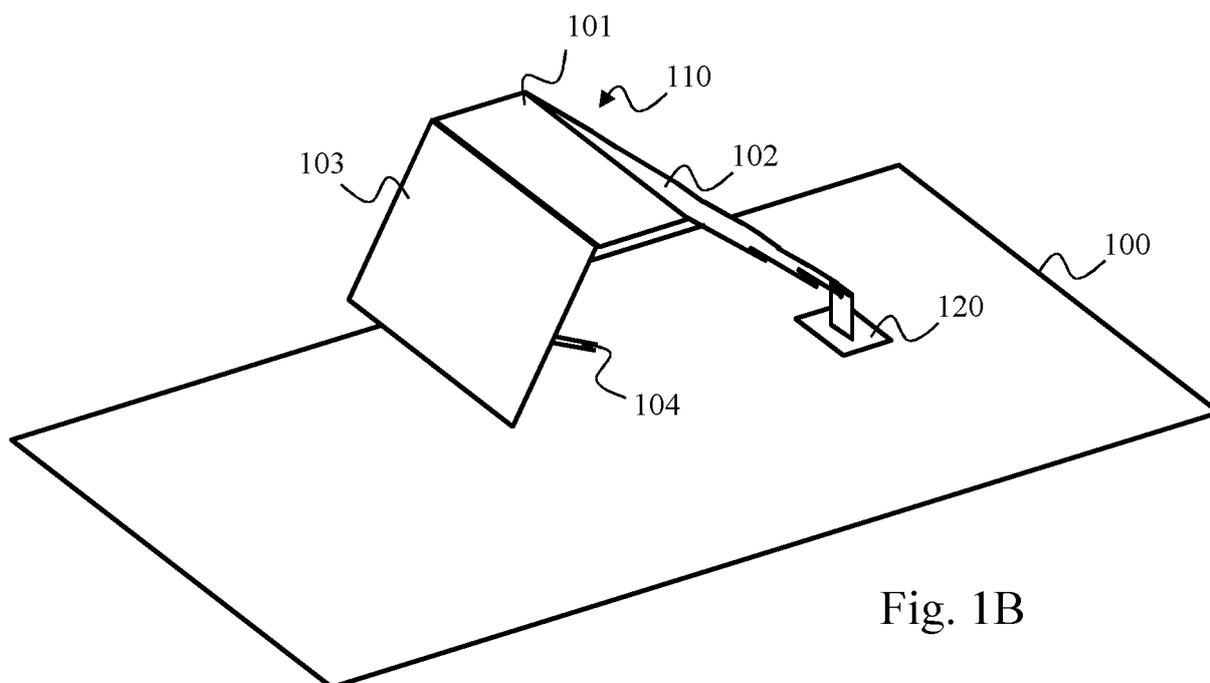


Fig. 1B

2/8

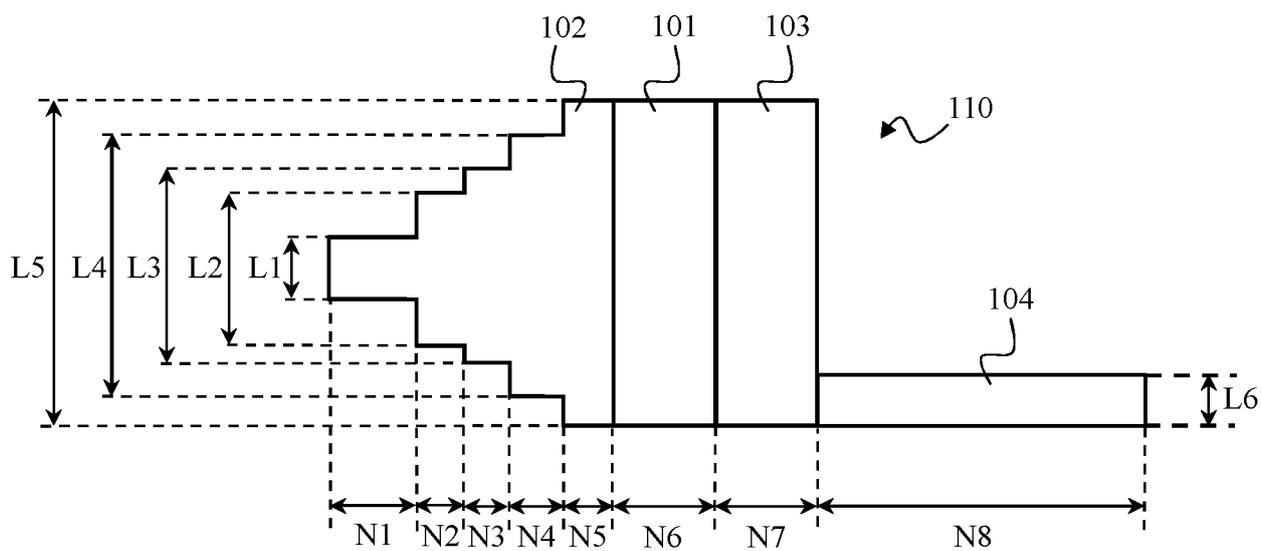


Fig. 1C

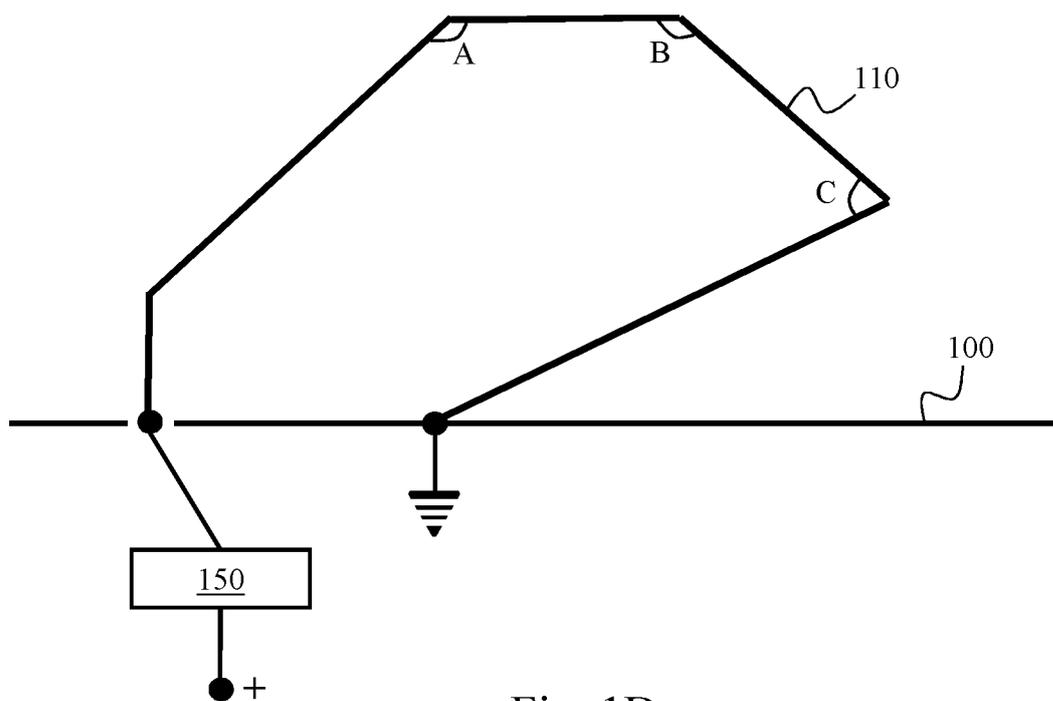


Fig. 1D

3/8

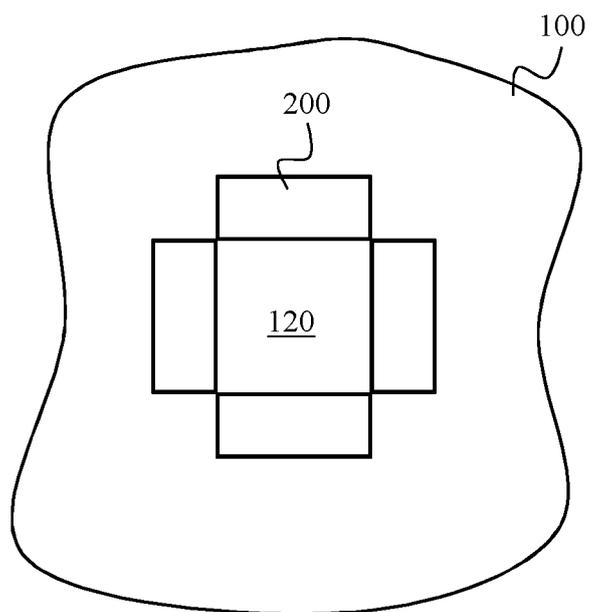


Fig. 2

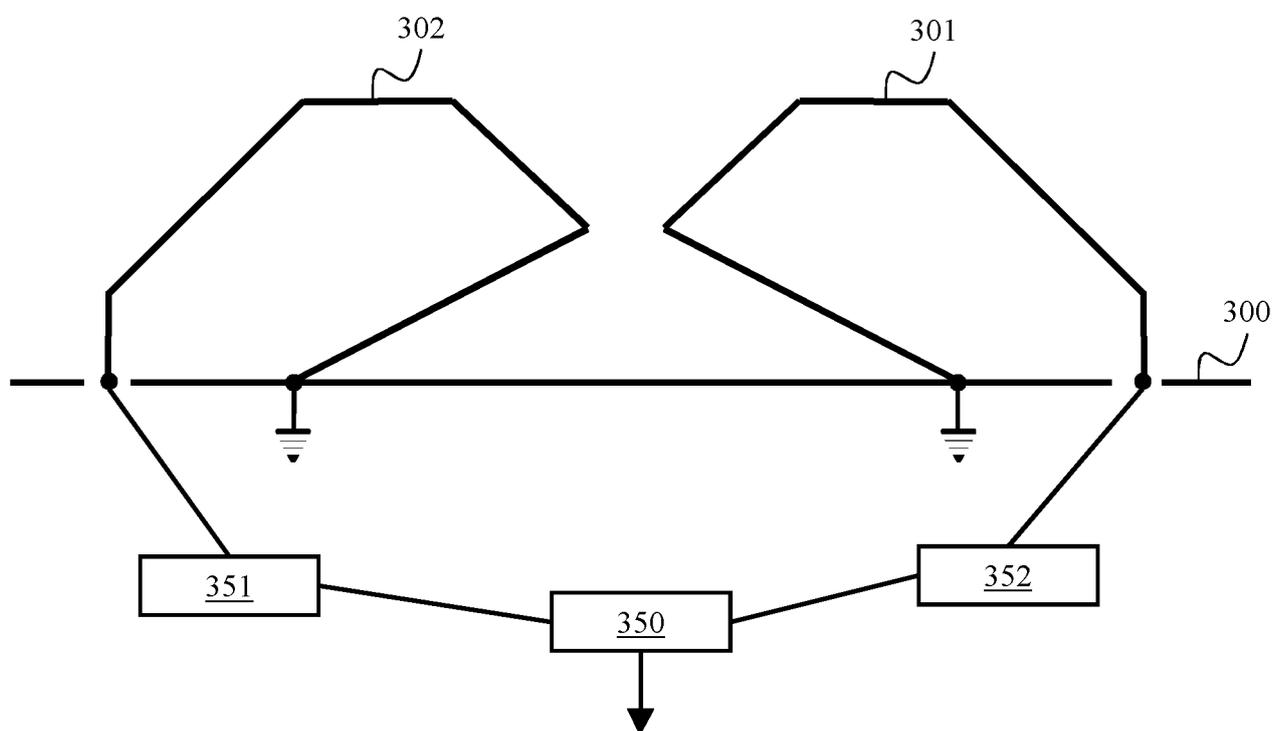


Fig. 3A

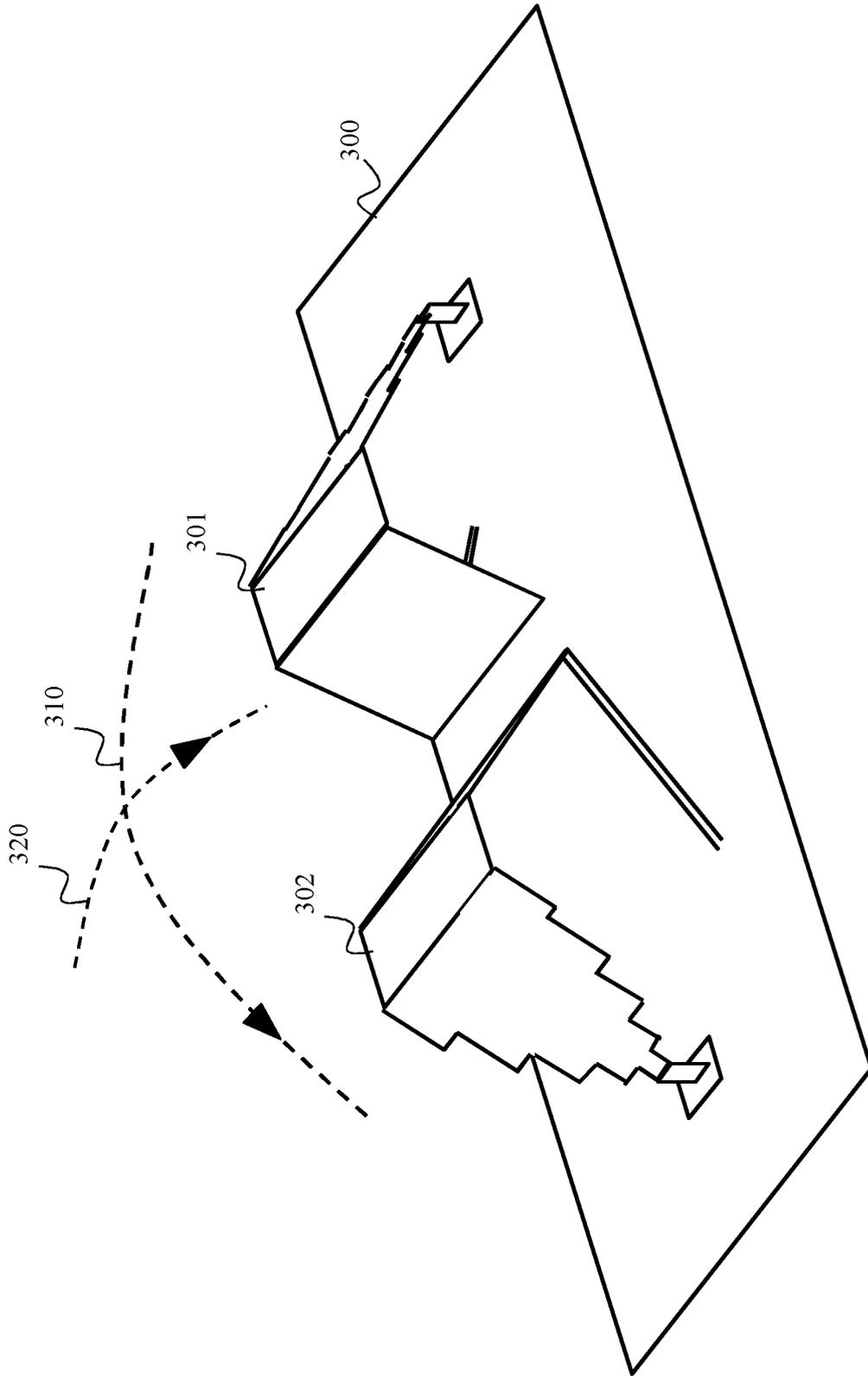


Fig. 3B

5/8

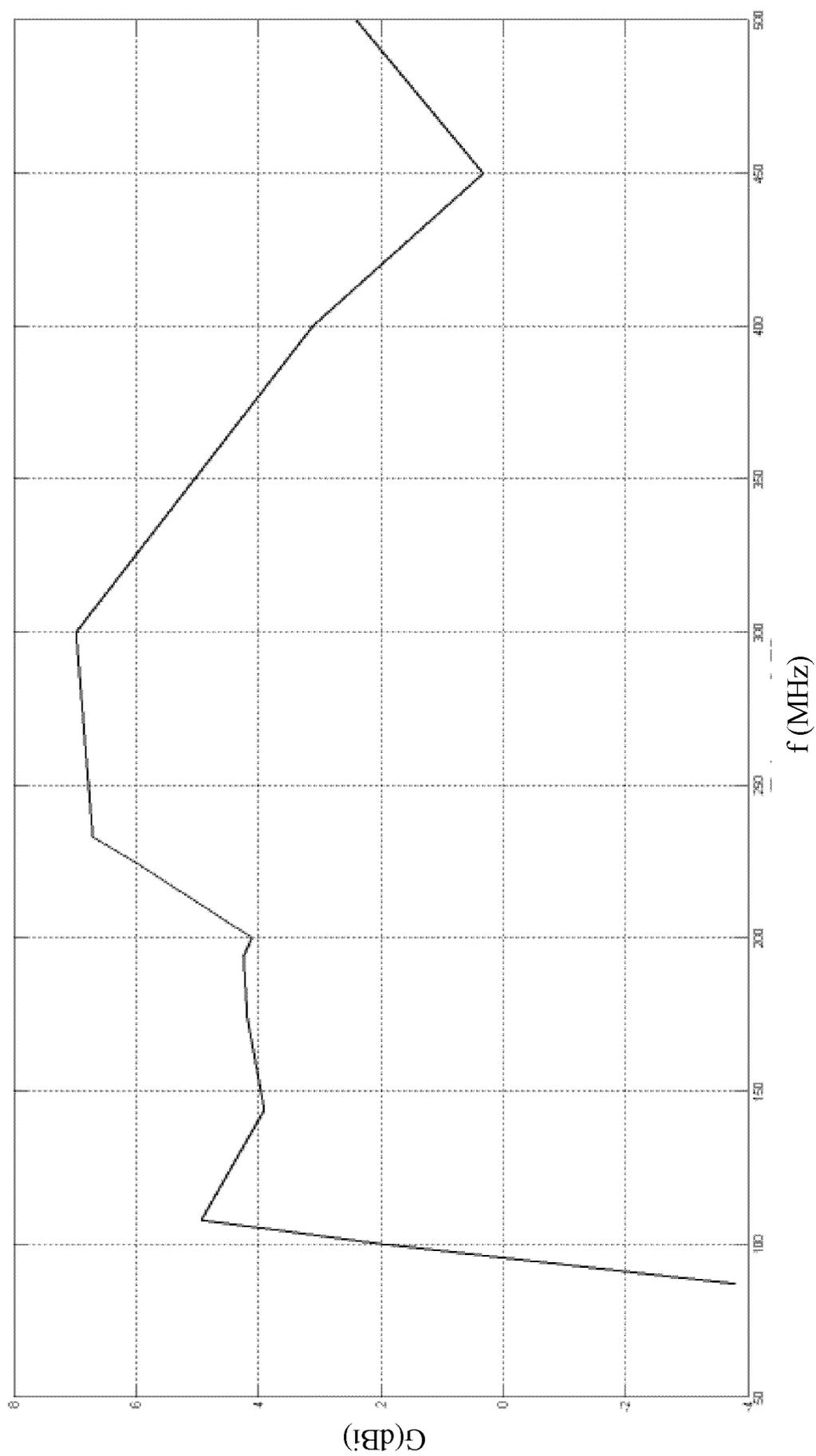


Fig. 4

6/8

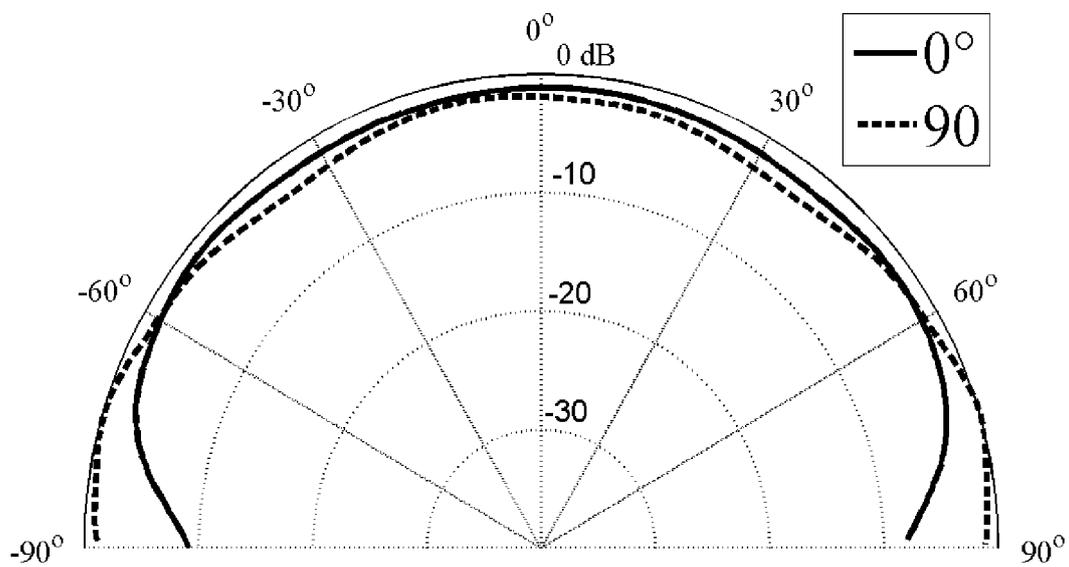


Fig. 5A

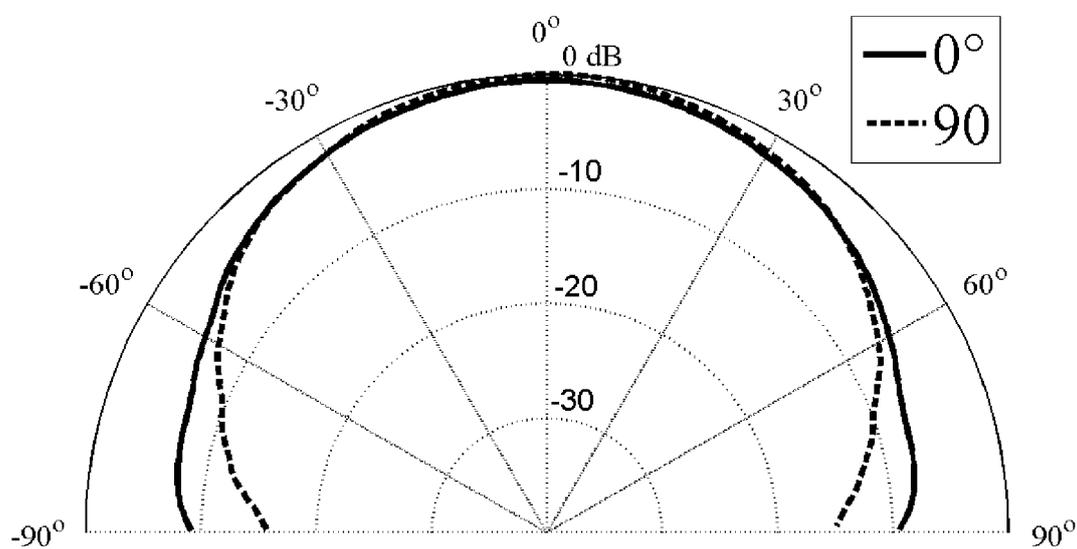


Fig. 5B

7/8

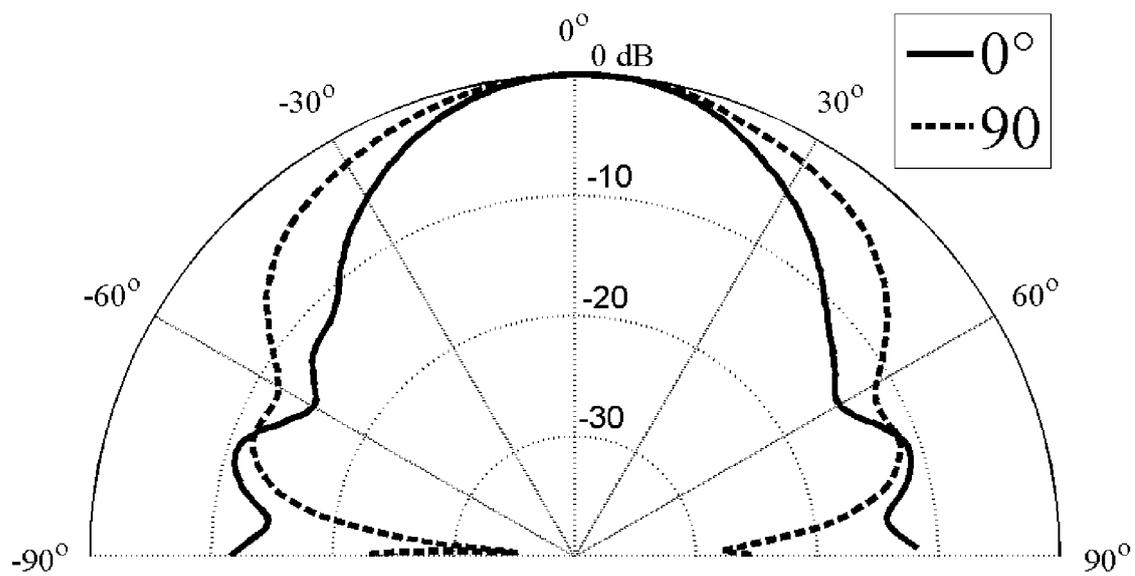


Fig. 5C

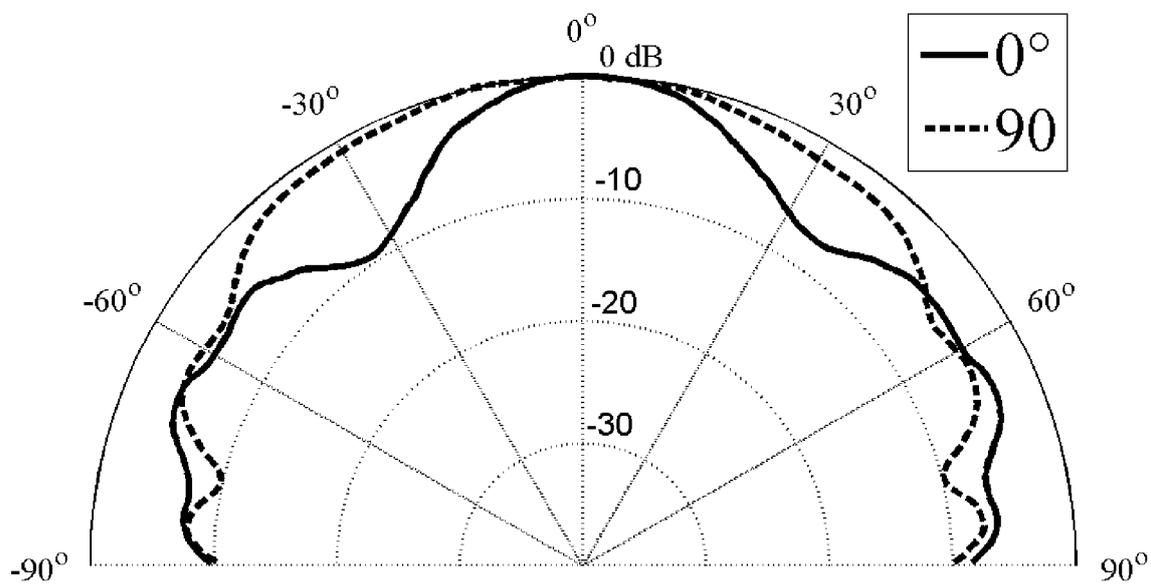


Fig. 5D

8/8

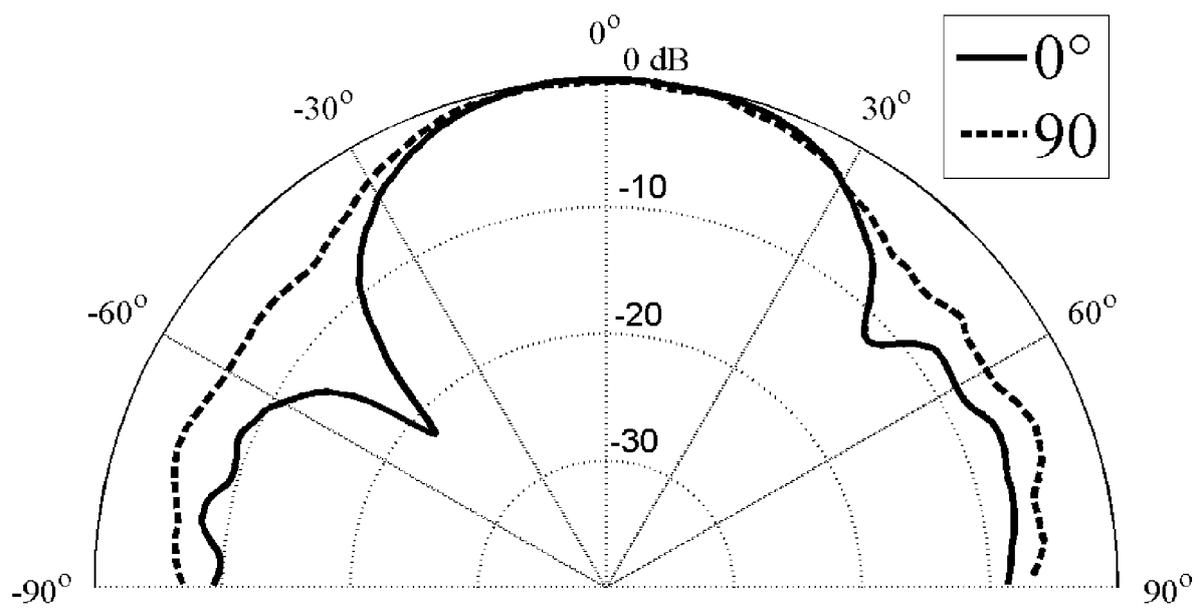


Fig. 5E


**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
N° d'enregistrement
nationalétabli sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFA 789722
FR 1359647

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	JP 2011 030196 A (NEC CORP) 10 février 2011 (2011-02-10)	1,4,9	H01Q9/04 H01Q1/36
Y	* abrégé * * figures 17,25 *	2,3,5-8	
Y	----- US 2009/303133 A1 (UEKI NORIYUKI [JP]) 10 décembre 2009 (2009-12-10)	2,3	
A	* alinéas [0015] - [0024], [0072] - [0091] * * figures 8a-8e, 9 *	1	
Y	----- US 6 356 242 B1 (PLOUSSIOS GEORGE [US]) 12 mars 2002 (2002-03-12)	5,6	
A	* colonne 3, ligne 55 - colonne 4, ligne 52 * * colonne 6, ligne 53-64 * * figures 1,2,8 *	1	
Y	----- DE 37 38 513 A1 (DORNIER SYSTEM GMBH [DE]) 1 juin 1989 (1989-06-01)	7,8	
A	* colonne 2, ligne 45-56 * * colonne 3, ligne 5-35 * * figures 1,2 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01Q
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		24 juin 2014	Kruck, Peter
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1359647 FA 789722**

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 **24-06-2014**

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
JP 2011030196	A	10-02-2011	AUCUN	

US 2009303133	A1	10-12-2009	CN 101558531 A	14-10-2009
			JP 4807413 B2	02-11-2011
			US 2009303133 A1	10-12-2009
			WO 2008072411 A1	19-06-2008

US 6356242	B1	12-03-2002	US 6356242 B1	12-03-2002
			WO 03058762 A1	17-07-2003

DE 3738513	A1	01-06-1989	DE 3738513 A1	01-06-1989
			EP 0325702 A1	02-08-1989
			JP 2774116 B2	09-07-1998
			JP H01251805 A	06-10-1989
			US 5061938 A	29-10-1991
