

(19)



(11)

EP 3 335 277 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
13.11.2019 Bulletin 2019/46

(51) Int Cl.:
H01Q 9/28 (2006.01) H01Q 19/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16747534.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2016/068664

(22) Date de dépôt: **04.08.2016**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2017/029122 (23.02.2017 Gazette 2017/08)

(54) ANTENNE SECTORIELLE LARGE BANDE MULTIFONCTIONS

MULTIFUNKTIONELLE BREITBANDIGE SEKTORANTENNE

MULTIFUNCTIONAL BROADBAND SECTOR ANTENNA

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **SAINTIER, David**
06410 Biot (FR)
- **LE MEINS, Cyrille**
49309 Cholet (FR)

(30) Priorité: **14.08.2015 FR 1501733**

(74) Mandataire: **Dudouit, Isabelle et al**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble " Visium "
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(43) Date de publication de la demande:
20.06.2018 Bulletin 2018/25

(73) Titulaire: **Thales**
92400 Courbevoie (FR)

(56) Documents cités:
US-A- 3 015 101 US-A- 3 618 104
US-A- 5 521 610 US-A1- 2006 238 432

(72) Inventeurs:
• **HUBERT, William**
49309 Cholet (FR)

EP 3 335 277 B1

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

Description

[0001] L'invention concerne notamment une antenne très haute fréquence/ultra haute fréquence, VHF/UHF, large bande ou ultra large bande à rayonnement sectorielle. Elle concerne de manière plus générale, le domaine des antennes et systèmes d'antennes par mise en réseau, pour l'émission avec des puissances de quelques dizaines à quelques centaines de Watts, par exemple, et la réception dans les bandes VHF/UHF d'ondes électromagnétiques polarisées linéairement.

[0002] Pour certaines applications, l'utilisation d'antennes doit répondre à des besoins d'intégration sur une structure porteuse et à la possibilité de réaliser des antennes et des réseaux d'antennes pouvant être utilisés pour plusieurs fonctions. Le premier axe suppose un maintien des performances en rayonnement et en impédance des antennes après intégration sur des structures porteuses complexes. Ces structures peuvent être des bâtiments de surface (application navale), des véhicules terrestres ou des aéronefs. Par ailleurs, ce maintien des performances doit s'opérer sur une largeur de bande très importante (une demi-décade voire une décade). Le second axe est lié à l'aspect multifonctions demandé par les utilisateurs. Le nombre toujours croissant de fonctions intégrées sur les porteurs s'accompagne d'une augmentation du nombre d'antennes à intégrer à leur structure. Cette intégration difficile au regard de contraintes mécaniques, de performances et de compatibilité électromagnétique peut être résolue en mutualisant les éléments rayonnants. En revanche, cette mise en commun pose le problème de l'unification des exigences héritées des différents systèmes auxquels les antennes et les réseaux d'antennes participent.

[0003] De nombreux articles traitants d'antennes dipolaires ultra large bande peuvent être cités. Lorsqu'il s'agit de modifier cette architecture simple pour l'intégrer à proximité d'un plan de masse (la structure) tout en conservant des propriétés de rayonnement satisfaisantes et une adaptation d'impédance permettant une utilisation sur une très large bande de fréquence, le corpus disponible est déjà plus limité. En la matière, la demande de brevet FR 3011685 décrit une antenne dipôle-boucle. Avec des dimensions globales de 1x1m pour une hauteur de 0,25m, elle est utilisable sur une bande allant de 100 MHz à 500 MHz, via un circuit d'adaptation d'impédance. Elle peut également être mise en réseau circulaire.

[0004] L'antenne de Rhode et Schwartz référencée AD066FW décrit aussi une structure de réseau d'antennes large bande utilisables entre 118 MHz et 453 MHz pour des fonctions de communications améliorées grâce à un système de formation de faisceaux.

[0005] Une autre forme d'antenne est décrite dans la publication intitulée « The Self-Grounded Bow-Tie Antenna » de J. Yang et A. Kishk, IEEE AP-S/URSI 2011. Conçue pour fonctionner entre 2 GHz et 15 GHz, elle tire avantageusement parti d'un repliement en court-circuit des brins du dipôle pour :

- Elargir la bande de fréquence d'utilisation,
- Arborer un profil d'antenne plus connue sous le nom d'antenne « Vivaldi » qui limite les phénomènes de feuilletage lorsque l'antenne est électriquement grande.

Toutefois, avec une fréquence minimale de 2 GHz pour des dimensions 54(L)x58(l)x24 (h) mm, une transposition en fréquence dès 100 MHz montre que cette solution ne convient pas vis à vis d'applications envisagées pour la présente invention.

[0006] Malgré tous les avantages offerts par les solutions de l'art antérieur, ces dernières offrent certains inconvénients du fait de leur conception et de leur encombrement qui nuisent aux capacités d'intégration et de mise en réseau. Lorsque l'encombrement est contenu, le rapport d'onde stationnaire plus connu sous l'abréviation ROS et les gains résultants ne permettent plus de satisfaire aux exigences de qualité de service. Lorsque l'encombrement est trop important, l'association en réseau permettant d'obtenir une voie omnidirectionnelle n'est pas évidente. Par ailleurs, l'antenne dipôle-boucle du brevet précité nécessite un circuit d'adaptation d'impédance additionnel pouvant limiter la tenue en puissance pour certaines applications.

[0007] Le document US 5521610 divulgue un système antennaire comprenant une antenne dipôle qui présente une forme courbe. L'objectif de cette antenne est de réduire les coûts de fabrication des antennes en jouant notamment sur le nombre de circuits imprimés nécessaires. Pour cela, l'antenne dipôle courbe est mise en œuvre avec un circuit flexible à double face et est ancrée à ses quatre extrémités libres à une base de métal formant le plan de masse.

En résumé, les solutions décrites dans l'art antérieur et connues du demandeur ne permettent pas notamment d'avoir simultanément :

- Un ROS inférieur à 3 et un gain supérieur à 2 dBi, dans la direction principale d'émission/réception, sur toute la bande de fréquence souhaitée pour l'antenne seule,
- Une stabilité du diagramme de rayonnement, sans phénomène de feuilletage,
- Une hauteur optimisée (inférieure ou égale à 1 mètre) et une largeur réduite (inférieure ou égale à 40 cm) pour faciliter son intégration et sa mise en réseau (circulaire ou autres),

- Une profondeur restreinte (inférieure ou égale à 25 cm) pour s'intégrer facilement à la structure,
- Une nature auto-adaptée sur une impédance donnée, par exemple 50Ω , ne nécessitant pas un circuit d'adaptation d'impédance rapporté.

[0008] L'objet de la présente invention est de proposer une antenne pouvant être mise en réseau, adaptée à fonctionner dans un domaine large bande ou ultra large bande, qui permet notamment d'être facilement intégrable dans un emplacement donné et qui présente une stabilité dans le diagramme de fonctionnement.

[0009] L'invention concerne une antenne sectorielle, large bande ou ultra large bande, ayant une hauteur H, une profondeur D, une largeur W, comportant un plan de masse agissant comme plan réflecteur, au moins un ensemble antenne comprenant au moins un premier brin et au moins un deuxième brin, l'antenne fonctionnant dans une gamme de fréquences $[f_1, f_2]$, caractérisée en ce que :

- Un brin a une forme repliée, une courbure intérieure F_1, F'_1 partant d'un point A, A' positionné vers le centre de l'antenne O, une courbure extérieure F_2, F'_2 , située dans le prolongement de la première courbure intérieure F_1, F'_1 ,
- Soit les coordonnées cartésiennes de trois points A, B et C, A-B appartenant à la courbure intérieure F_1, F'_1 , B-C appartenant à la courbure extérieure F_2, F'_2 , le point origine 0 du repère cartésien correspondant au centre du plan

de masse, $A = \begin{pmatrix} x_A \\ 0 \\ z_A \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} x_B \\ 0 \\ z_B \end{pmatrix}$ et $C = \begin{pmatrix} x_C \\ 0 \\ z_C \end{pmatrix}$ avec $x_A, x_B, x_C, z_A, z_B, z_C$, sont les coordonnées des

points A, B et C dans un repère cartésien, c_1 et c_2 sont deux paramètres de courbure,

- La forme de la courbure intérieure F_1, F'_1 , est déterminée afin de garantir la stabilité du diagramme de rayonnement à la fréquence maximale de fonctionnement de l'antenne avec :

$$(F_1) : X = x_B + (x_A - x_B) \frac{e^{z_C c_1} - e^{z_B c_1}}{e^{z_A c_1} - e^{z_B c_1}}, \forall z \in [z_A, z_B],$$

- La forme de la courbure extérieure F_2, F'_2 , est déterminée afin de garantir la stabilité de l'impédance que présente l'antenne à ses bornes d'alimentation, à la fréquence minimale de fonctionnement :

$$(F_2) : X = x_B + (x_C - x_B) \frac{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}, \forall z \in [z_B, z_C],$$

- Le premier brin et le deuxième brin sont alimentés en opposition de phase.

[0010] Selon une variante de réalisation la forme d'un brin vue de face correspond à l'intersection d'une première ellipse E_1 ayant un premier rayon R_1 correspondant au grand axe et un deuxième rayon R_2 correspondant au petit axe, avec une deuxième ellipse E_2 ayant un premier rayon R_2 correspondant au grand axe sensiblement identique au rayon du petit axe de la première ellipse, et un deuxième rayon R_3 , la valeur de R_2 est choisie en fonction de la largeur de l'antenne, le rapport R_1/R_3 est choisi afin d'optimiser les transitions au niveau de l'alimentation de l'antenne et du repliement terminal du brin.

[0011] Les paramètres d'une antenne sont définis tels que, pour une plage de fréquences de fonctionnement $[f_1, f_2]$ et une fréquence centrale f_0 :

D est compris dans l'intervalle $[\lambda_0/5, \lambda_0/3]$,

H est sensiblement égal à λ_0 ,

W est compris dans l'intervalle $[\lambda_0/3, \lambda_0/2]$,

R_3 est compris entre $0.6 \cdot R_1$ et $0.8 \cdot R_1$,

$$R_2 \approx W/2.$$

[0012] Selon une variante de réalisation, la profondeur de l'antenne D est choisie sensiblement égale au quart de la longueur d'onde λ_0 , la hauteur H de l'antenne est sensiblement égale à la longueur d'onde λ_0 , la largeur W de l'antenne est sensiblement égale à $2 \cdot \lambda_0/5$.

[0013] L'antenne sectorielle est par exemple caractérisée en ce que :

- Le plan de masse comporte deux repliements formant deux toits capacitifs,
- Le premier brin elliptique et le deuxième brin elliptique sont repliés au centre de l'antenne vers le plan de masse,
- Une première extrémité du premier brin se trouve au niveau d'un premier point A à proximité du plan de masse et une première extrémité du deuxième brin est au niveau d'un deuxième point A' à proximité du plan de masse,
- Une deuxième extrémité du premier brin et une deuxième extrémité du deuxième brin se positionnent respectivement à deux points C, C' correspondant à un point dont la cote est telle que z_C est sensiblement égale à $0.48 \lambda_0$,
- $R_1 + R_3$ est égale à $z_C - z_A$,
- R_2 est sensiblement égale à $W/2$.

[0014] L'antenne sectorielle selon l'invention peut comporter plusieurs ensembles composés chacun de deux brins ayant une forme elliptique.

[0015] L'alimentation de l'antenne est, par exemple, réalisée via des moyens de connexion alimentés en opposition de phase grâce à un Balun ou un coupleur hybride 0/180°.

[0016] L'antenne peut comporter au moins deux connecteurs RF choisis en fonction de la plage de fréquences de fonctionnement de l'antenne et de la tenue en puissance désirée, les connecteurs sont alimentés en opposition de phase.

[0017] L'antenne sectorielle fonctionne à une fréquence appartenant au domaine VHF/UHF avec pour l'émission des puissances de quelques dizaines à quelques centaines de Watts et une réception dans les bandes VHF/UHF d'ondes électromagnétiques polarisées linéairement.

[0018] Selon une variante de réalisation, l'antenne sectorielle selon l'invention est adaptée pour une intégration dans un équipement mobile ou une infrastructure fixe.

[0019] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation annexée des figures qui représentent :

- La figure 1, une vue en 3D d'un exemple d'antenne selon l'invention,
- La figure 2, une vue de profil de l'antenne de la figure 1,
- La figure 3, un schéma permettant d'expliquer la forme spécifique des brins de l'antenne,
- La figure 4, des diagrammes de rayonnement dans le plan vertical de l'antenne à différentes fréquences,
- La figure 5, une représentation d'un gain de l'antenne dans la direction principale d'émission en fonction de la fréquence, et
- La figure 6, un ROS de l'antenne en fonction de la fréquence.

[0020] Avant d'explicitier un exemple de réalisation d'une antenne selon l'invention, le demandeur pose les définitions suivantes :

- f_1 : la fréquence minimale de fonctionnement en Hz,
- f_2 : la fréquence maximale de fonctionnement en Hz,
- f_0 : la fréquence centrale de fonctionnement en Hz et telle que $f_0 = (f_1 + f_2)/2$,
- soit λ_x la longueur d'onde (en mètre) associée à la fréquence f_x et telle que $\lambda_x = c/f_x$ avec c la vitesse de propagation des ondes (en m/s), x étant un indice générique correspondant aux indices 0, 1, 2 des fréquences,
- Les points A, B et C (figure 2) qui vont permettre de définir le profil d'un brin sont repérés par un système de coordonnées cartésiennes dans le repère orthonormé direct X, Y et Z tel que l'origine est au centre de l'antenne, X pointe vers l'avant de l'antenne (soit la direction principale d'émission) et Z vers le haut.

[0021] Les cotes générales de l'antenne sont les suivantes :

- Le premier paramètre D déterminé est la profondeur de l'antenne choisi tel que D est compris dans l'intervalle $[\lambda_0/5, \lambda_0/3]$, de préférence $D \approx \lambda_0/4$. Ce paramètre définit par la même occasion x_B (l'abscisse du point B selon la figure 2), soit $x_B = D$,
- Le deuxième paramètre H fixé est la hauteur de l'antenne choisie telle que H est sensiblement égal ou égal à λ_0 ,
- Enfin, pour atteindre les exigences de fonctionnement à la fréquence minimale, la largeur W de l'antenne est choisie telle que W est comprise entre $\lambda_0/3$ et $\lambda_0/2$, avec de préférence $W \approx 2 * \lambda_0/5$.

[0022] La figure 1, schématise une vue en trois dimensions d'un exemple d'antenne 1 large bande ou ultra large bande selon l'invention qui va être détaillée en utilisant la figure 2. L'antenne 1 est composée d'un premier brin elliptique 101 et d'un deuxième brin elliptique 102, les deux brins elliptiques étant repliés vers un plan de masse 2 au centre O de l'antenne 1, une première extrémité 101a (figure 2) du premier brin se trouvant au niveau d'un premier point A (x_A, z_A)

situé à proximité du plan de masse et une première extrémité 102a du deuxième brin 102 étant au niveau d'un deuxième point A'(x'_A, z'_A) situé à proximité du plan de masse 2. Une deuxième extrémité 101b du premier brin et une deuxième extrémité 102b du deuxième brin se positionnent à deux points C, C' dont les cotes sont données par rapport au plan de masse comme il sera explicité un peu plus loin. L'antenne 1 est enserrée par un premier repliement et un deuxième repliement perpendiculaires du plan de masse, plus connus sous l'expression « pseudo toits capacitifs », 31, 32.

[0023] Les deux brins 101, 102 ont dans cet exemple une forme elliptique et sont disposés de manière symétrique par rapport à un axe Ox. Les deux brins sont alimentés en opposition de phase par deux moyens de connexion 30, 30' grâce à un Balun ou un coupleur hybride 0°/180° connus de l'homme du métier. Les moyens de connexion 30, 30' peuvent être des connecteurs RF ou tout autre type de connexion adaptée connue de l'homme du métier en fonction de la fréquence et de la tenue en puissance.

[0024] La figure 2 et la figure 3 permettent d'illustrer la définition et la forme des brins en utilisant une représentation d'ellipse. La vue de face des brins est générée par l'intersection d'une première ellipse E₁ qui possède un premier rayon R₁ pour le grand axe et un deuxième rayon R₂ pour le petit axe, avec une deuxième ellipse E₂ possédant un même rayon R₂ pour le grand axe et le rayon R₃ pour le petit axe. L'intersection I des deux ellipses E₁ et E₂ est représentée en trait plus épais sur la figure 3.

[0025] La figure 2 représente, dans un système de coordonnées cartésiennes où le point origine O correspond au point milieu de l'antenne, le profil des brins. Chaque brin a une forme constituée d'une première courbe F₁ (A-B), F'₁ (A'-B'), dite courbure intérieure par rapport au centre O de l'antenne, suivie d'une deuxième courbe F₂ (B-C), F'₂ (B'-C') ou courbure extérieure. Les deux brins ont une forme sensiblement identique et symétrique par rapport à l'axe OX, de manière plus générale par rapport à un axe perpendiculaire à l'antenne et passant par le centre O.

[0026] Les différents paramètres permettant de générer les brins de l'antenne sont définis par la figure 2 et la figure 3 :

- Vu de face ou projeté dans le plan yOz, un brin rayonnant est engendré par l'intersection de deux ellipses partageant le même rayon transversal R₂, ce dernier fixant la largeur totale de l'antenne. Ensuite, le ratio R₁/R₃ est choisi pour optimiser les transitions au niveau de l'alimentation et du repliement terminal du brin.
- Vu de profil, la courbure du brin vers le plan de masse est définie par les points A, B, C et par les équations des courbes F₁ et F₂. La partie inférieure de l'intersection des deux ellipses est ensuite fixée en A (point d'alimentation du brin) puis passe par B et C.

[0027] Soit les coordonnées cartésiennes des point A, B et C, telles que :

$$A = \begin{pmatrix} x_A \\ 0 \\ z_A \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} x_B \\ 0 \\ z_B \end{pmatrix} \text{ et } C = \begin{pmatrix} x_C \\ 0 \\ z_C \end{pmatrix}.$$

[0028] Les équations des courbes sont données par deux paramètres de courbure supplémentaires : c₁ et c₂. L'équation de F₁ est telle que :

$$(F_1) : X = x_B + (x_A - x_B) \frac{e^{z_C c_1} - e^{z_B c_1}}{e^{z_A c_1} - e^{z_B c_1}}, \forall z \in [z_A, z_B].$$

[0029] De même, l'équation de F₂ est telle que :

$$(F_2) : X = x_B + (x_C - x_B) \frac{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}, \forall z \in [z_B, z_C].$$

[0030] Le deuxième brin est ensuite généré par symétrie d'axe X, les formules précédentes s'appliquent pour les points référencés A', B' et C' sur la figure 2.

[0031] Pour définir le motif des brins vus de face on va, par exemple, utiliser les paramètres suivants :

- Tout d'abord, les coordonnées des points A, A' sont ajustées au moyen de simulations électromagnétiques et en fonction des contraintes d'intégration des moyens de connexion 30, 30'. Par exemple, pour la bande 100-500 MHz, l'abscisse x_A, x_{A'}, est environ égale à 5 mm et la cote z_A, z_{A'}, est environ égale à 5 mm pareillement. Toutefois, pour des applications à plus hautes fréquences, ces coordonnées peuvent être réduites. Les valeurs des cotes seront

choisies notamment en fonction de la bande de fréquence de fonctionnement,

- Pour améliorer l'adaptation d'impédance, la structure qui accueille l'antenne est constituée de deux repliements du plan de masse, en haut et en bas lorsque l'on considère l'antenne dans une position verticale comme il est représenté à la figure 1. La proximité de l'extrémité des brins avec ces toits capacitifs 31, 32 est déterminée par la cote du point C, soit z_C telle que $z_C = \gamma^* \lambda_0 \approx 0,48^* \lambda_0$,
- Des définitions précédentes, on en déduit que $R_1 + R_3 = z_C - z_A$,
- Suite à une optimisation en simulation électromagnétique, on détermine également R_3 dans l'intervalle $[0,6^*R_1, 0,8^*R_1]$ avec $R_3 \approx 0,7^*R_1$,
- Enfin,

$$R_2 \approx W/2.$$

[0032] Une façon d'obtenir la courbure des brins est décrite ci-après et en relation avec la figure 2:

- Les brins sont courbés dans le plan contenant les vecteurs X et Z (axe OX, OZ) selon deux fonctions exponentielles $F_1 (F'_1)$ et $F_2 (F'_2)$,
- La jonction entre ces deux fonctions est paramétrée par la cote du point B (point B') déterminée par optimisation en simulation électromagnétique, soit z_B environ égal à $1/3 \lambda_0$,
- La courbure intérieure des brins correspondant à la partie de la courbe allant de A à B (A' à B') est générée par la fonction de type exponentielle $F_1, (F'_1)$ qui reçoit en paramètres les coordonnées des points A et B ainsi qu'un paramètre de courbure c_1 , tel que c_1 varie de $-20/\lambda_0$ à $-15/\lambda_0$, de préférence $c_1 \approx -18/\lambda_0$, par exemple. Cette courbure sert à garantir la stabilité du diagramme de rayonnement à la fréquence maximale,
- La courbure extérieure des brins correspondant à la partie B-C (B'-C') est générée par la fonction de type exponentielle $F_2, (F'_2)$ qui reçoit en paramètres les coordonnées des points B et C (B' et C') ainsi qu'un paramètre de courbure c_2 , tel que $c_2 \approx 30/\lambda_0$, par exemple. Cette courbure sert à garantir la stabilité de l'impédance que présente l'antenne à ses bornes à la fréquence minimale.

[0033] Les paramètres de courbure c_1 et c_2 sont définis par simulation électromagnétique en utilisant des outils de simulation connus de l'homme du métier, par exemple une méthode rigoureuse de simulation électromagnétique connue sous l'expression anglo-saxonne «*full-wave method*». Tous les paramètres peuvent être ajustés pour optimiser les performances.

In fine, l'antenne proposée arbore donc une bande passante (ou plage de fonctionnement) en fréquence de 5 :1 avec un rapport d'onde stationnaire (ROS) inférieur à 3.

[0034] L'exemple qui suit est un exemple chiffré donné pour une antenne Ultra Large Bande, pour une bande d'utilisation allant de 100 MHz à 500 MHz les dimensions de l'antenne sont :

- Hauteur (H) : 1 mètre,
- Largeur (W) : 0,4 mètre,
- Profondeur (D) : 0,25 mètre,
- L'espacement entre les deux points d'alimentation A-A' est de 1 cm.

[0035] Le repliement vers le centre permet de donner un profil d'antenne Vivaldi qui canalise le rayonnement à haute fréquence pour minimiser les phénomènes de feuilletage sur le rayonnement dans le plan vertical de l'antenne comme il est illustré sur la figure 4 pour une bande d'utilisation allant de 100 MHz à 500 MHz.

[0036] L'ajout des repliements perpendiculaires vers les brins permet de minimiser l'encombrement tout en maintenant un gain dans la direction principale d'émission supérieur à 2 dBi sur toute la bande, comme il est représenté à la figure 5 traçant le gain de l'antenne dans la direction principale d'émission en fonction de la fréquence de travail.

[0037] La figure 6 schématise le ROS de l'antenne en fonction de la fréquence par rapport à une impédance caractéristique de 50Ω . Avec l'alimentation en deux points permettant de diminuer l'impédance que présente l'antenne à ses bornes, la solution proposée permet d'éviter le recours à un circuit d'adaptation d'impédance. L'antenne est alors auto-adaptée avec un ROS inférieur à 2,5 par rapport à une impédance caractéristique de 50Ω .

[0038] Par son rayonnement sectoriel, la solution proposée permet de privilégier une direction de l'espace et renforce ainsi son gain par rapport à une solution à base d'antennes omnidirectionnelles. L'association en réseau de cette solution permet d'envelopper la structure porteuse pour mieux faire abstraction de celle-ci. Globalement, cette caractéristique autorise une utilisation pour des communications V/UHF. Enfin, son caractère Ultra Large Bande associé en réseau

permet d'envisager une utilisation du type radiogoniométrie.

[0039] D'une manière générale, l'antenne peut être réalisée en métal conducteur (Cuivre, Aluminium, ...) ou en matériau composite (Carbone, ...).

[0040] L'antenne selon l'invention peut facilement être intégrée sur un équipement mobile, tel qu'un navire, en surface d'une paroi ou au niveau d'un mât équipant un véhicule ou encore une infrastructure terrestre. Une seule antenne alimentée arbore un rayonnement sectoriel tout en minimisant l'impact de la structure sur le fonctionnement de l'antenne.

[0041] Sans sortir du cadre de l'invention, la description des étapes pour définir une forme de brins d'antennes s'applique pour des brins non elliptiques tels que d'autres formes Ultra Large Bande connues de l'homme de métier.

[0042] La forme de l'antenne selon l'invention permet d'optimiser l'occupation de l'espace disponible pour améliorer le gain et l'adaptation d'impédance. En effet, la forme elliptique des brins permet de contribuer au caractère ultra large bande de l'antenne.

[0043] Les antennes selon l'invention permettent notamment une intégration des antennes et réseaux d'antennes sur une structure porteuse, l'utilisation dans plusieurs fonctions.

[0044] Les avantages de la solution proposée sont :

- un diagramme de rayonnement sectoriel stable en fonction de la fréquence, pour de larges ou ultra larges bandes de fréquence,
- une conception auto-adaptée, c.à.d. sans circuit d'adaptation d'impédance,
- une intégration sur structure facilitée par son profil étroit (largeur et épaisseur réduites),
- une mise en réseau circulaire aisée pour obtenir une couverture omnidirectionnelle en azimut,
- une exploitation pour des fonctions de communications (émission et réception), de radiogoniométrie ou de contrôle du spectre grâce à ses performances,
- Une forme simple permettant une transposition dans d'autres bandes de fréquences (VHF, UHF et SHF) et pouvant être conformée.

Revendications

1. Antenne sectorielle (1), large bande ou ultra large bande, ayant une hauteur H, une profondeur D, une largeur W, comportant un premier plan de masse (2) agissant comme plan réflecteur, au moins un ensemble antenne comprenant au moins un premier brin (101) et au moins un deuxième brin (102), l'antenne fonctionnant dans une gamme de fréquences $[f_1, f_2]$, **caractérisée en ce que** :

• Lesdits brin (101, 102) ont une forme elliptique repliée vers le plan de masse (2) au centre de l'antenne (1), une courbure intérieure F_1, F'_1 partant d'un point A, A' positionné vers le centre de l'antenne O, une courbure extérieure F_2, F'_2 située dans le prolongement de la première courbure intérieure F_1, F'_1 ,

• Une première extrémité (101a) du premier brin (101) se trouvant au niveau d'un premier point A à proximité du plan de masse (2) et une première extrémité (102a) du deuxième brin (102) sont au niveau d'un deuxième point A' à proximité du plan de masse (2),

• Une deuxième extrémité (101b) du premier brin (101) et une deuxième extrémité (102b) du deuxième brin (102) se positionnent respectivement à deux points C, C', positionnés par rapport au plan de masse,

• le point origine 0 du repère cartésien correspondant au centre du plan de masse, $A = \begin{pmatrix} x_A \\ 0 \\ z_A \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} x_B \\ 0 \\ z_B \end{pmatrix}$

et $C = \begin{pmatrix} x_C \\ 0 \\ z_C \end{pmatrix}$ avec $x_A, x_B, x_C, z_A, z_B, z_C$, sont les coordonnées des points A, B et C dans un repère cartésien,

c_1 et c_2 sont deux paramètres de courbure, A-B appartient à la courbure inférieure F_1, F'_1 et B-C appartenant à la courbure extérieure F_2, F'_2 ,

• La courbure intérieure F_1, F'_1 du premier brin est déterminée afin de garantir la stabilité du diagramme de rayonnement à la fréquence maximale de fonctionnement de l'antenne avec :

$$(F_1) : X = x_B + (x_A - x_B) \frac{e^{z_C c_1} - e^{z_B c_1}}{e^{z_A c_1} - e^{z_B c_1}}, \forall z \in [z_A, z_B],$$

- La courbure extérieure F_2 , F'_2 du deuxième brin est déterminée afin de garantir la stabilité de l'impédance que présente l'antenne à ses bornes d'alimentation, à la fréquence minimale de fonctionnement,

$$(F_2) : X = x_B + (x_C - x_B) \frac{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}, \forall z \in [z_B, z_C]$$

- Le premier brin (101) et le deuxième brin (102) sont alimentés en opposition de phase.

2. Antenne sectorielle selon la revendication 1 **caractérisée en ce que** la forme repliée d'un brin (101, 102) vue de face correspond à l'intersection d'une première ellipse E_1 ayant un premier rayon R_1 correspondant au grand axe et un deuxième rayon R_2 correspondant au petit axe, avec une deuxième ellipse E_2 ayant un premier rayon R_2 correspondant au grand axe sensiblement identique au rayon du petit axe de la première ellipse, et un deuxième rayon R_3 , la valeur de R_2 est choisie en fonction de la largeur de l'antenne, le rapport R_1/R_3 est choisi afin d'optimiser les transitions au niveau de l'alimentation de l'antenne et du repliement terminal du brin.

3. Antenne sectorielle selon l'une des revendications 1 ou 2 **caractérisée en ce que** les paramètres d'une antenne sont tels que pour une plage de fréquences de fonctionnement $[f_1, f_2]$ et une fréquence centrale f_0 :

D est compris dans l'intervalle $[\lambda_0/5, \lambda_0/3]$,
H est sensiblement égal à λ_0 ,
W est compris dans l'intervalle $[\lambda_0/3, \lambda_0/2]$,
 R_3 est compris entre $0.6 \cdot R_1$ et $0.8 \cdot R_1$,

$$R_2 \approx W/2,$$

$$c_1 - 20/\lambda_0 \text{ à } -15/\lambda_0 \text{ et } c_2 \approx 30/\lambda_0.$$

4. Antenne sectorielle selon la revendication 3 **caractérisée en ce que** la profondeur de l'antenne D est sensiblement égale au quart de la longueur d'onde λ_0 , la hauteur H de l'antenne est sensiblement égale à la longueur d'onde λ_0 , la largeur W de l'antenne est sensiblement égale à $2 \cdot \lambda_0/5$.

5. Antenne sectorielle selon l'une des revendications 1 à 4 **caractérisée en ce que** :

- Le plan de masse comporte deux repliements formant deux toits capacitifs (31, 32),
- La deuxième extrémité (101b) du premier brin (101) et la deuxième extrémité (102b) du deuxième brin (102) se positionnent respectivement à deux points C, C' correspondant à un point dont la cote est telle que z_C est sensiblement égale à $0.48 \lambda_0$,
- $R_1 + R_3$ est égale à $z_C - z_A$,
- R_2 est sensiblement égale à $W/2$.

6. Antenne sectorielle selon l'une des revendications précédentes **caractérisée en ce qu'elle** comporte plusieurs ensembles composés de deux brins ayant une forme elliptique.

7. Antenne sectorielle selon l'une des revendications 1 à 6 **caractérisée en ce que** l'alimentation est réalisée via des moyens de connexion (30) alimentés en opposition de phase grâce à un balun ou un coupleur hybride $0/180^\circ$.

8. Antenne sectorielle selon la revendication 7 **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins deux connecteurs RF (30) choisis en fonction de la plage de fréquences de fonctionnement de l'antenne et de la tenue en puissance désirée, les connecteurs sont alimentés en opposition de phase.

9. Antenne sectorielle selon l'une des revendications précédentes **caractérisée en ce que** la fréquence de fonctionnement appartient au domaine VHF/UHF avec pour l'émission des puissances de quelques dizaines à quelques centaines de Watts et une réception dans les bandes VHF/UHF d'ondes électromagnétiques polarisées linéairement.

10. Antenne sectorielle selon l'une des revendications précédentes **caractérisée en ce qu'elle** est adaptée pour une

intégration dans un équipement mobile ou une infrastructure fixe.

Patentansprüche

1. Breitband- oder Ultrabreitband-Sektorantenne (1), welche eine Höhe H, eine Tiefe D und eine Breite W besitzt, welche eine erste Grundplatte (2) beinhaltet, welche als Reflektorebene dient und welche mindestens eine Antennenanordnung beinhaltet, welche mindestens einen ersten Strang (101) und mindestens einen zweiten Strang (102) beinhaltet, wobei die Antenne in einem Frequenzband $[f_1, f_2]$ arbeitet, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- die Stränge (101, 102) eine elliptische, in Richtung der Grundplatte (2) im Mittelpunkt der Antenne (1) gebogene Form, eine innere Krümmung F_1, F'_1 , welche von einem Punkt A, A' ausgeht, welcher in Richtung des Mittelpunktes O der Antenne positioniert ist und eine äußere Krümmung F_2, F'_2 , welche sich in der Verlängerung der ersten inneren Krümmung F_1, F'_1 befindet, besitzen,
- ein erstes Ende (101a) des ersten Stranges (101) sich auf Höhe eines ersten Punktes A in der Nähe der Grundplatte (2) befindet, und ein erstes Ende (102a) des zweiten Stranges (102) sich auf Höhe eines zweiten Punktes A' in der Nähe der Grundplatte (2) befindet,
- ein zweites Ende (101b) des ersten Stranges (101) und ein zweites Ende (102b) des zweiten Stranges (102) sich jeweils an zwei Punkten C, C' positionieren, welche in Bezug auf die Grundplatte positioniert sind,
- der Nullpunkt 0 des kartesischen Koordinatensystems dem Mittelpunkt der Grundplatte entspricht,

$$A = \begin{pmatrix} x_A \\ 0 \\ z_A \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} x_B \\ 0 \\ z_B \end{pmatrix} \text{ und } C = \begin{pmatrix} x_C \\ 0 \\ z_C \end{pmatrix} \text{ wobei } x_A, x_B, x_C, z_A, z_B, z_C \text{ die Koordinaten der Punkte A, B}$$

und C in einem kartesischen Koordinatensystem sind, C_1 und C_2 zwei Krümmungsparameter sind, A-B zur inneren Krümmung F_1, F'_1 gehört und B-C der äußeren Krümmung F_2, F'_2 gehört,

- die innere Krümmung F_1, F'_1 des ersten Stranges bestimmt wird, um die Stabilität des Strahlungsdiagramms bei maximaler Betriebsfrequenz der Antenne zu gewährleisten, wobei:

$$(F_1) : X = x_B + (x_A - x_B) \frac{e^{z_C c_1} - e^{z_B c_1}}{e^{z_A c_1} - e^{z_B c_1}}, \forall z \in [z_A, z_B],$$

- die äußere Krümmung F_2, F'_2 des zweiten Stranges bestimmt wird, um die Stabilität der Impedanz, welche die Antenne an ihren Speisungsklemmen aufweist, bei der minimalen Betriebsfrequenz zu gewährleisten,

$$(F_2) : X = x_B + (x_C - x_B) \frac{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}{e^{z_C c_2} - e^{z_B c_2}}, \forall z \in [z_B, z_C]$$

- der erste Strang (101) und der zweite Strang (102) gegenphasig gespeist werden.

2. Sektorantenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gekrümmte Form eines Stranges (101, 102) von vorn betrachtet dem Schnittpunkt einer ersten Ellipse E_1 entspricht, welche einen ersten Radius R_1 besitzt, welcher der Hauptachse entspricht, und einen zweiten Radius R_2 besitzt, welcher der Nebenachse entspricht, mit einer zweiten Ellipse E_2 , welche einen ersten Radius R_2 besitzt, welcher der Hauptachse entspricht, welche im Wesentlichen identisch mit dem Radius der Nebenachse der ersten Ellipse ist, und einen zweiten Radius R_3 besitzt, wobei der Wert von R_2 angesichts der Breite der Antenne gewählt ist, wobei das Verhältnis R_1/R_3 gewählt ist, um die Übergänge auf Höhe der Speisung der Antenne und der Endkrümmung des Stranges zu optimieren.

3. Sektorantenne nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Parameter einer Antenne so gestaltet sind, dass bei einem Betriebsfrequenzbereich $[f_1, f_2]$ und einer Mittenfrequenz f_0 :

D in dem Intervall $[\lambda_0/5, \lambda_0/3]$ enthalten ist,
H im Wesentlichen gleich λ_0 ist,
W in dem Intervall $[\lambda_0/3, \lambda_0/2]$ enthalten ist,
 R_3 zwischen $0,6 \cdot R_1$ und $0,8 \cdot R_1$ beträgt,

$$R_2 \approx W/2,$$

$C_1 - 20/\lambda_0$ bis $-15/\lambda_0$ und $C_2 \approx 30/\lambda_0$.

4. Sektorantenne nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tiefe der Antenne D im Wesentlichen gleich einem Viertel der Wellenlänge λ_0 ist, die Höhe H der Antenne im Wesentlichen gleich der Wellenlänge λ_0 ist, die Breite W der Antenne im Wesentlichen gleich $2 * \lambda_0 / 5$ ist.
5. Sektorantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**:
 - die Grundplatte zwei Krümmungen beinhaltet, welche zwei kapazitive Dächer (31, 32) bilden,
 - das zweite Ende (101b) des ersten Stranges (101) und das zweite Ende (102b) des zweiten Stranges (102) sich jeweils an zwei Punkten C, C' positionieren, welche einem Punkt entsprechen, dessen Maß so gestaltet ist, dass Z_C im Wesentlichen gleich $0,48 \lambda_0$ ist,
 - $R_1 + R_3$ gleich $Z_C - Z_A$ ist,
 - R_2 im Wesentlichen gleich $W/2$ ist.
6. Sektorantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mehrere Anordnungen beinhaltet, welche aus zwei Strängen gebildet sind, welche eine elliptische Form besitzen.
7. Sektorantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speisung über Anschlussmittel (30) erfolgt, welche dank eines Baluns oder eines hybriden 0/180°-Kopplers gegenphasig gespeist werden.
8. Sektorantenne nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens zwei HF-Verbinder (30) beinhaltet, welche angesichts des Betriebsfrequenzbereichs der Antenne und der gewünschten Pegelfestigkeit gewählt sind, wobei die Verbinder gegenphasig gespeist werden.
9. Sektorantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Betriebsfrequenz dem VHF/UHF-Bereich mit, zur Sendung, Leistungen von einigen Zehn bis einigen Hundert Watt und einer Empfang in den VHF/UHF-Bändern von linear polarisierten elektromagnetischen Wellen angehört.
10. Sektorantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zu einer Integration in ein mobiles Gerät oder eine feste Infrastruktur geeignet ist.

Claims

1. Wideband or ultra-wideband sector antenna (1) having a height H, a depth D and a width W, including a first ground plane (2) acting as a reflector plane, at least one antenna array comprising at least one first strand (101) and at least one second strand (102), the antenna operating in a frequency range $[f_1, f_2]$, **characterized in that**:

- said strands (101, 102) have an elliptical shape folded towards the ground plane (2) at the centre of the antenna (1), an inside curvature F_1, F'_1 starting from a point A, A' positioned towards the centre O of the antenna, an outside curvature F_2, F'_2 located in the extension of the first inside curvature F_1, F'_1 ;
- a first end (101a) of the first strand (101) is located at a first point A in proximity to the ground plane (2) and a first end (102a) of the second strand (102) are located at a second point A' in proximity to the ground plane (2);
- a second end (101b) of the first strand (101) and a second end (102b) of the second strand (102) are respectively positioned at two points C, C' positioned with regard to the ground plane;
- the origin O of the Cartesian coordinate system corresponding to the centre of the ground plane, are

$$A = \begin{pmatrix} x_A \\ 0 \\ z_A \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} x_B \\ 0 \\ z_B \end{pmatrix} \text{ and } C = \begin{pmatrix} x_C \\ 0 \\ z_C \end{pmatrix} \text{ where } x_A, x_B, x_C, z_A, z_B, z_C, \text{ are the coordinates of the points}$$

A, B and C in a Cartesian coordinate system and c_1 and c_2 are two curvature parameters, A-B belonging to the inside curvature F_1, F'_1 , and B-C belonging to the outside curvature F_2, F'_2 ;

- the inside curvature F_1, F'_1 of the first strand is defined in order to guarantee the stability of the radiation pattern at the maximum operating frequency of the antenna by:

$$(F_1) : X = x_B + (x_A - x_B) \frac{e^{z_{C1}} - e^{z_{B1}}}{e^{z_{A1}} - e^{z_{B1}}}, \forall z \in [z_A, z_B]$$

- the outside curvature F_2, F'_2 of the second strand is defined in order to guarantee the stability of the impedance that the antenna exhibits across its supply terminals at the minimum operating frequency,

$$(F_2) : X = x_B + (x_C - x_B) \frac{e^{z_{C2}} - e^{z_{B2}}}{e^{z_{C2}} - e^{z_{B2}}}, \forall z \in [z_B, z_C]$$

- the first strand (101) and the second strand (102) are supplied in phase opposition.

- Sector antenna according to claim 1, **characterized in that** the folded shape of one strand (101, 102) seen from the front corresponds to the intersection of a first ellipse E_1 having a first radius R_1 corresponding to the major axis and a second radius R_2 corresponding to the minor axis, with a second ellipse E_2 having a first radius R_2 corresponding to the major axis substantially identical to the radius of the minor axis of the first ellipse, and a second radius R_3 , the value of R_2 being chosen depending on the width of the antenna, and the ratio R_1/R_3 being chosen in order to optimize transitions in the supply of the antenna and the terminal fold of the strand.

- Sector antenna according to any one of claims 1 or 2, **characterized in that** the parameters of one antenna are such that for an operating frequency range $[f_1, f_2]$ and a central frequency f_0 :

D is comprised in the interval $[\lambda_0/5, \lambda_0/3]$;
H is substantially equal to λ_0 ;
W is comprised in the interval $[\lambda_0/3, \lambda_0/2]$;
 R_3 is comprised between $0.6 \cdot R_1$ and $0.8 \cdot R_1$;

$$R_2 \approx W/2;$$

$c_1 - 20/\lambda_0$ to $-15/\lambda_0$ and $c_2 \approx 30/\lambda_0$.

- Sector antenna according to claim 3, **characterized in that** the depth of the antenna D is substantially equal to one quarter of the wavelength λ_0 , the height H of the antenna is substantially equal to the wavelength λ_0 , and the width W of the antenna is substantially equal to $2 \cdot \lambda_0/5$.

- Sector antenna according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that**:

- the ground plane includes two folds forming two capacitive roofs (31, 32);
- the second end (101b) of the first strand (101) and the second end (102b) of the second strand (102) are respectively positioned at two points C, C' corresponding to a point the position of which is such that z_C is substantially equal to $0.48 \lambda_0$;
- $R_1 + R_3$ is equal to $z_C - z_A$;
- R_2 is substantially equal to $W/2$.

- Sector antenna according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it includes a plurality of arrays composed of two strands having an elliptical shape.

- Sector antenna according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** it is supplied via connecting means (30) that are supplied in phase opposition by virtue of a balun or a $0/180^\circ$ hybrid coupler.

- Sector antenna according to claim 7, **characterized in that** it includes at least two RF connectors (30) chosen depending on the operating frequency range of the antenna and on the desired power rating, the connectors being

supplied in phase opposition.

5 9. Sector antenna according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the operating frequency belongs to the VHF/UHF domain with, for the emission, powers of a few tens to a few hundred watts, and a reception in the VHF/UHF bands of linearly polarized electromagnetic waves.

10 10. Sector antenna according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it is adapted for integration into a mobile unit or a fixed infrastructure.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

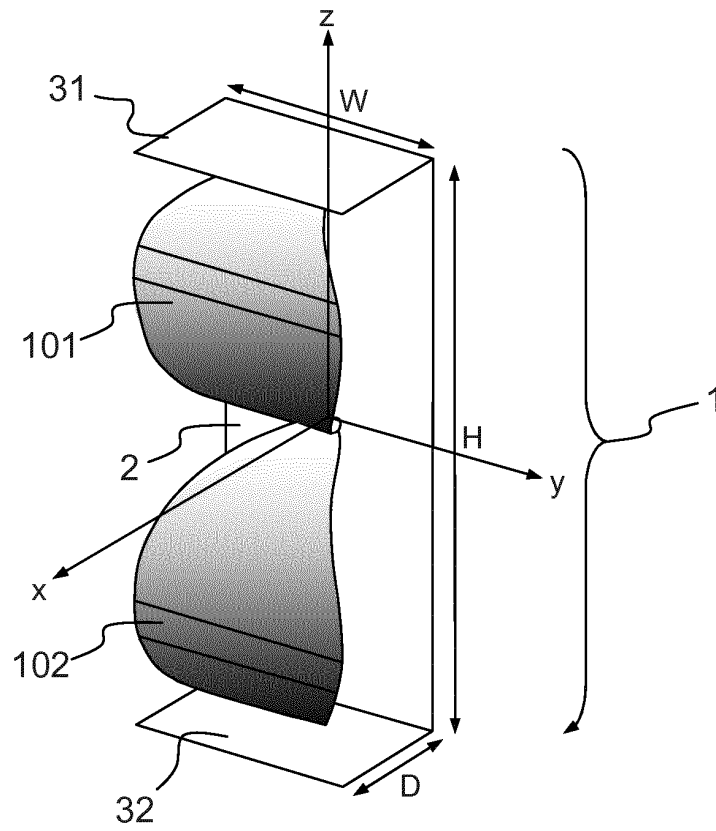


FIG. 1

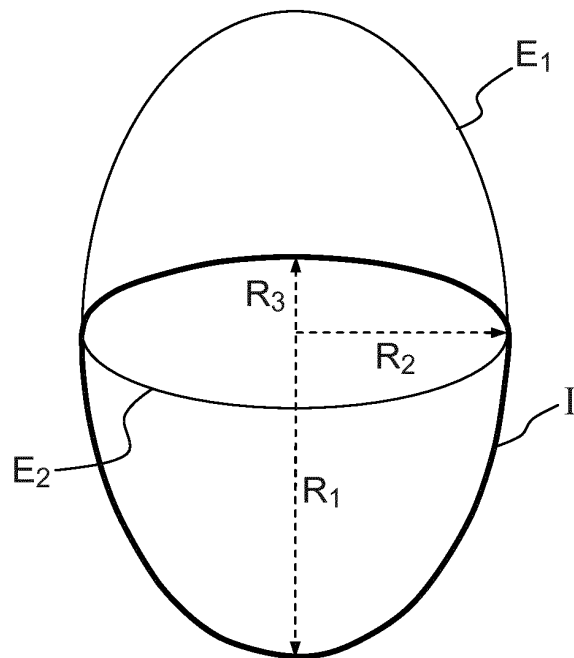
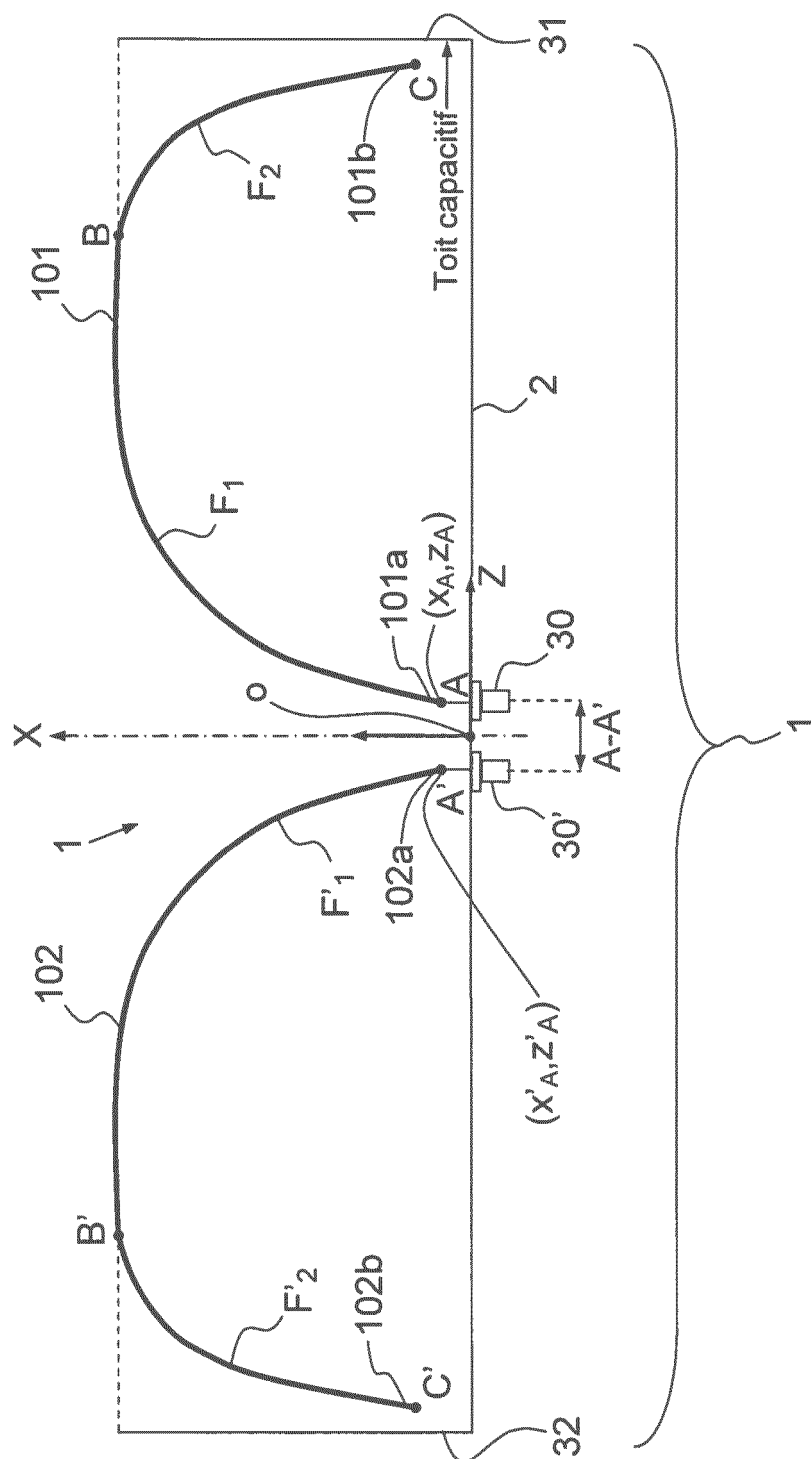


FIG. 3



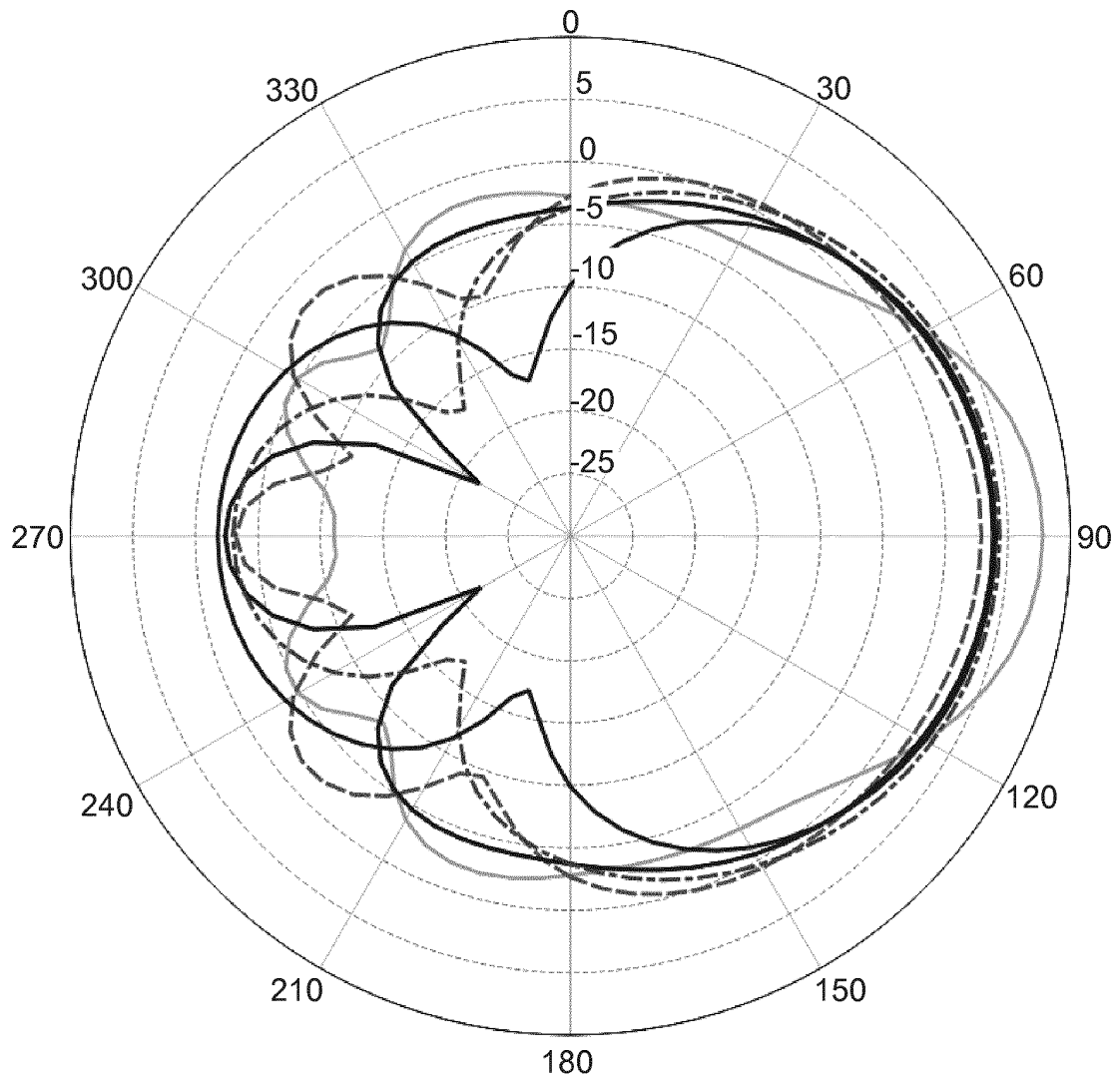
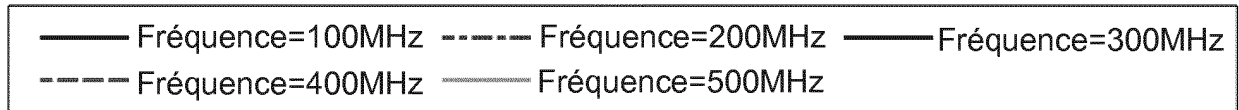


FIG.4

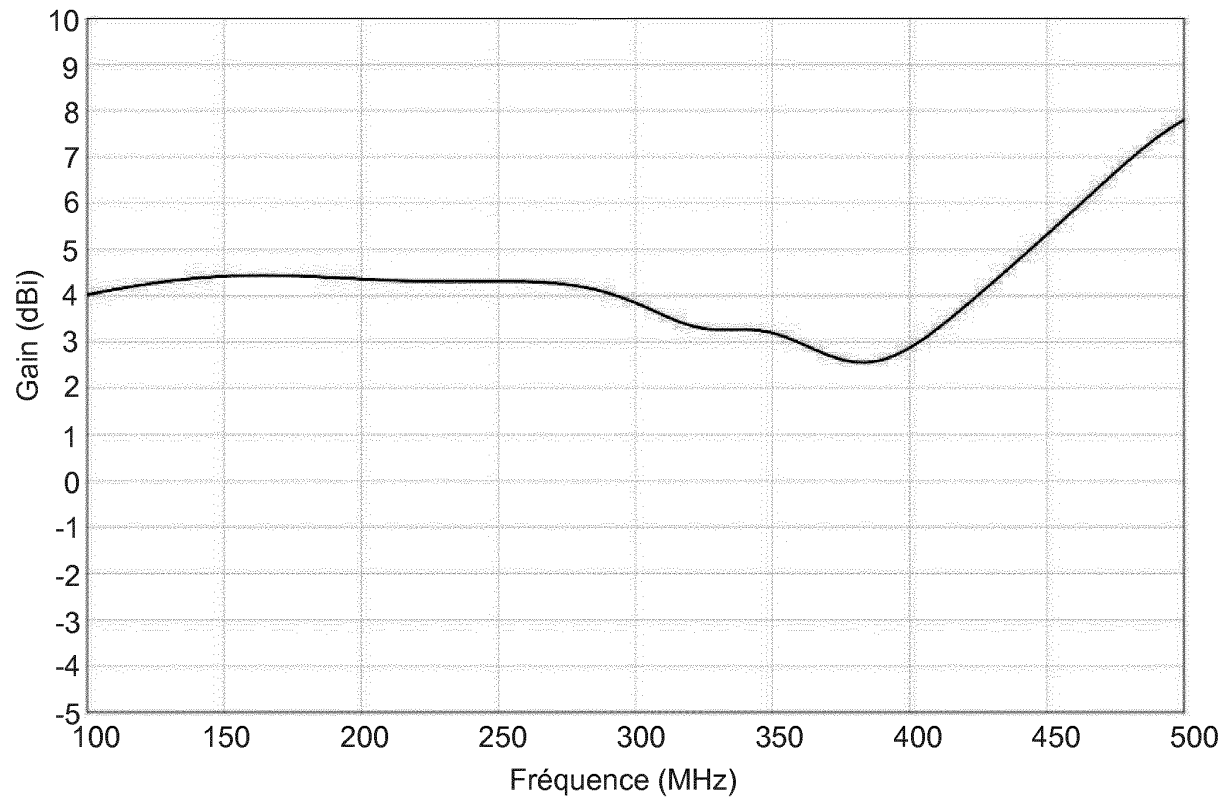


FIG.5

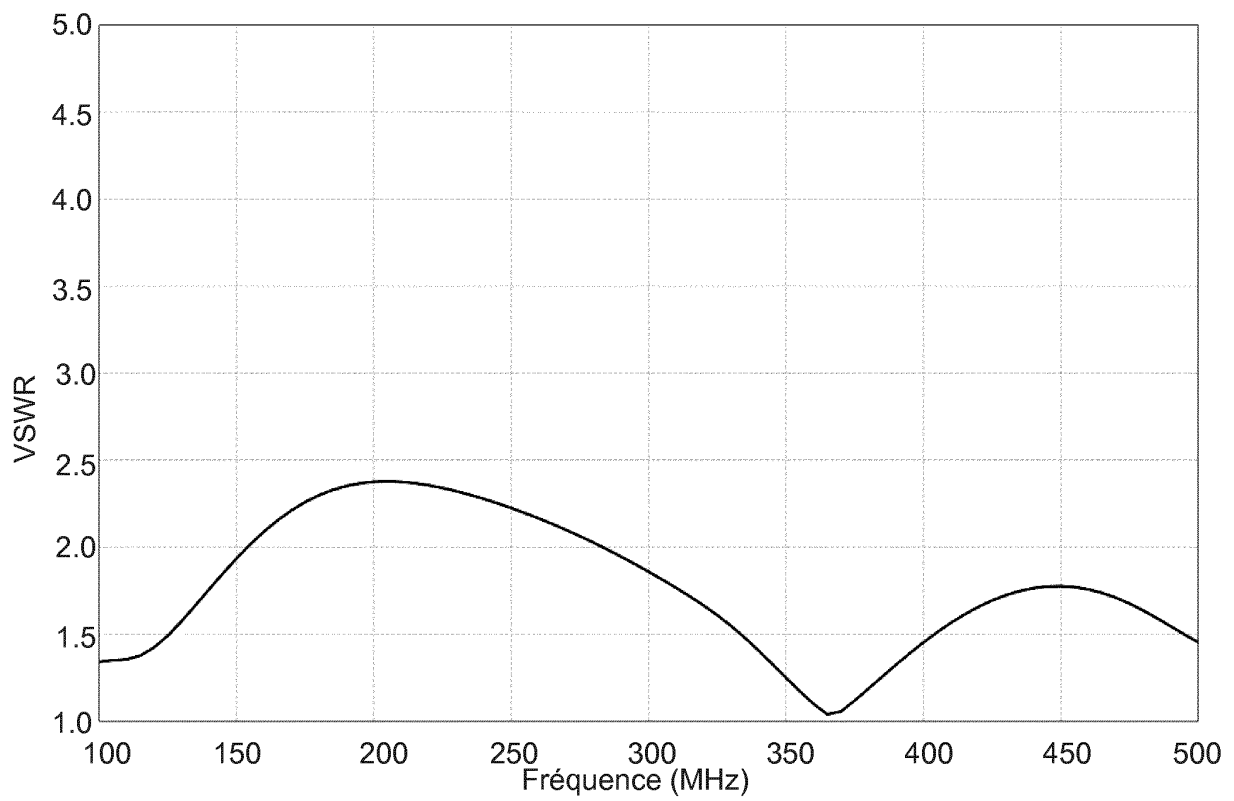


FIG.6

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 3011685 [0003]
- US 5521610 A [0007]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **J. YANG ; A. KISHK.** The Self-Grounded Bow-Tie Antenna. IEEE, 2011 [0005]