

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/043632 A1

(43) Date de la publication internationale
05 mars 2020 (05.03.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

H01Q 3/46 (2006.01) *H01Q 15/00* (2006.01)
H01Q 13/18 (2006.01) *H01Q 1/42* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2019/072637

(22) Date de dépôt international :

23 août 2019 (23.08.2019)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1857669 27 août 2018 (27.08.2018) FR

(71) Déposants : **GREENERWAVE** [FR/FR] ; 1047 Route des Dolines Allée Pierre Ziller Business Pôle Sophia Antipolis, 06560 VALBONNE (FR). **CENTRE NATIONAL DE**

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS - [FR/FR] ; 3, rue Michel Ange, 75016 PARIS (FR). **ECOLE SUPÉRIEURE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLES DE LA VILLE DE PARIS** [FR/FR] ; 10, rue Vauquelin, 75005 PARIS (FR).

(72) Inventeurs : **LEROSEY, Geoffroy** ; 21 rue de Rocroy, 75010 PARIS (FR). **FINK, Mathias** ; 16 rue Edouard Lafferrère, 92190 MEUDON (FR). **DEL HOUGNE, Philipp** ; Colegio de Espana (CIUP) 7E Bd Jourdan, 75014 PARIS (FR). **GROS, Jean-Baptiste** ; 18 Rue de la Glacière, 75013 PARIS (FR).

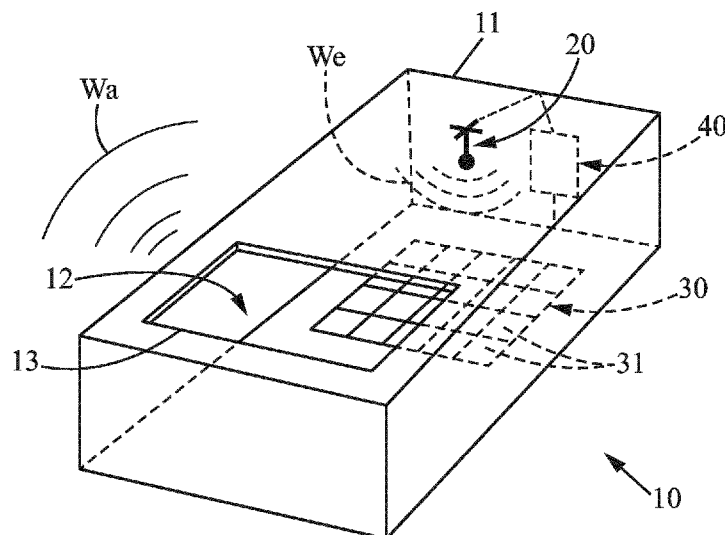
(74) Mandataire : **PLASSERAUD IP** et al. ; 66 rue de la Chaussée d'Antin, 75440 PARIS CEDEX 09 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,

(54) Title: ANTENNA FOR TRANSMITTING AND/OR RECEIVING AN ELECTROMAGNETIC WAVE, AND SYSTEM COMPRISING THIS ANTENNA

(54) Titre : ANTENNE POUR EMETTRE ET/OU RECEVOIR UNE ONDE ELECTROMAGNETIQUE, ET SYSTEME COMPRENANT CETTE ANTENNE

FIG. 1



(57) Abstract: An antenna for transmitting and/or receiving an electromagnetic wave, comprising a radiating element, an adaptable surface with variable impedance, and a controller that is linked to the adaptable surface and controls it based on a desired direction of the electromagnetic wave. The radiating element and the adaptable surface are integrated within a housing, the housing forming a recess for the waves and comprising an opening in order for the electromagnetic wave to be emitted to the outside.

(57) Abrégé : Antenne pour émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique, comprenant un élément rayonnant, une surface adaptable à impédance variable, et un contrôleur relié à la surface adaptable et qui la contrôle à partir d'une direction souhaitée de l'onde électromagnétique. L'élément rayonnant et la surface adaptable sont intégrés à l'intérieur d'un boîtier, ledit boîtier formant une cavité



WO 2020/043632 A1

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

**Antenne pour émettre et/ou recevoir une onde
électromagnétique, et système comprenant cette antenne**

DOMAINE TECHNIQUE

5 La présente invention est relative aux antennes pour émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique dans une direction souhaitée. Ces antennes sont dites de type directive, c'est-à-dire qui émettent et/ou reçoivent un faisceau d'onde électromagnétique, ce faisceau étant
10 orientable.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Plus particulièrement, l'invention concerne une antenne comprenant :

- 15 - un élément rayonnant pour émettre et/ou recevoir ladite onde électromagnétique,
- une surface adaptable comprenant une pluralité d'éléments réglables pour modifier une impédance de ladite surface adaptable et pour modifier la manière dont l'onde
20 électromagnétique est réfléchiée par ladite surface adaptable, et
- un contrôleur relié à la surface adaptable et qui contrôle les éléments réglables de celle-ci à partir de paramètres, lesdits paramètres étant déterminés à partir de
25 la direction souhaitée de l'onde électromagnétique.

 Une antenne est isotrope si elle émet et/ou reçoit une onde électromagnétique de la même façon dans toutes les directions. Une antenne a une directivité si elle émet et/ou reçoit une onde électromagnétique dans une direction
30 précise. On caractérise ces antennes directives par un diagramme de rayonnement, c'est-à-dire l'amplitude de l'onde électromagnétique en fonction d'une direction dans un plan horizontal et/ou dans un plan vertical. Un tel diagramme de rayonnement est généralement établi par
35 rapport à un angle dans chaque plan ; c'est donc une courbe polaire qui représente l'amplitude de l'onde en fonction de

l'angle compris entre 0 ° et 360 °. Cette courbe comprend généralement des excroissances appelés lobes qui sont des directions angulaires dans lesquelles l'antenne émet plus ou reçoit plus (est plus sensible). Une antenne est donc directive si son diagramme de rayonnement possède un lobe principal de grande amplitude dans une direction déterminée, et d'autres lobes secondaires d'amplitude plus faible que celle du lobe principal.

Ensuite, pour piloter la direction d'une antenne directive, il existe de nombreuses techniques.

Par exemple, il existe des antennes de type à réseau de phase (« phased array » en langue anglaise) qui sont composés d'un réseau d'éléments rayonnants, chacun étant commandé en phase et en amplitude pour générer au global un rayonnement directif de direction inclinable.

Dans ce type d'antenne, les éléments rayonnants sont nombreux et connectés chacun à un amplificateur piloté. L'antenne est alors complexe et elle consomme beaucoup d'énergie.

Par exemple, il existe des antennes de type à réseau de réflexion (« reflect array » en langue anglaise) telles que l'antenne du document US 2004/263408 qui utilise un élément rayonnant de type à cornet, connu pour avoir un diagramme de rayonnement directif et concentré dans une direction, et une surface adaptable positionnée en face du cornet pour réfléchir l'onde électromagnétique dans une direction déterminée par les états des éléments réglables de cette surface adaptable.

L'élément rayonnant (cornet) a un lobe principal de rayonnement de direction fixe, mais en modifiant les états des éléments réglables, le contrôleur de l'antenne modifie l'amplitude et/ou la phase de l'onde réfléchie par chaque élément réglable de la surface adaptable, et modifie ainsi la direction de l'onde électromagnétique réfléchie. La surface adaptable permet donc d'incliner le lobe principal généré par l'élément rayonnant.

Dans ce type d'antenne, la surface adaptable est positionnée à distance de l'élément rayonnant. L'antenne est alors généralement très volumineuse (peu compacte) et possède une plage spatiale de rayonnement limitée car la surface adaptable génère une zone d'ombre importante.

EXPOSE DE L'INVENTION

La présente invention a pour but d'améliorer les antennes à faisceau orientable.

10 A cet effet, l'antenne du type précité est **caractérisée en ce que** l'élément rayonnant et la surface adaptable sont intégrés à l'intérieur d'un boîtier,

ledit boîtier formant une cavité adaptée pour que l'onde électromagnétique soit réfléchi plusieurs fois à l'intérieur du boîtier pour impacter plusieurs fois des éléments réglables de la surface adaptable, et

15 ledit boîtier comprenant une ouverture pour que l'onde électromagnétique soit émise vers l'extérieur ou soit reçue de l'extérieur du boîtier, à travers ladite ouverture, et vers/depuis un champ lointain.

Grâce à ces dispositions, l'onde électromagnétique générée par l'élément rayonnant est réfléchi à l'intérieur de la cavité et par la surface adaptable plusieurs fois avant d'être émise via l'ouverture (ouverture directe ou semi réfléchissante) vers l'extérieur du boîtier. Cette onde électromagnétique est alors plus facilement contrôlable avant son émission en champ lointain. Notamment, il est possible de créer simultanément et avec tout type d'élément rayonnant, une antenne directive avec un lobe principal de grande amplitude et inclinable dans toute direction.

25 De plus, on évite des pertes de rayonnement électromagnétique en dehors de la surface adaptable. L'onde émise par l'élément rayonnant est presque totalement réfléchi par la surface adaptable, et donc presque toute

l'onde émise peut être contrôlée pour être concentrée en un faisceau unique, i.e. un lobe principal de grande énergie. L'antenne est donc plus efficace.

5 En outre, tous les chemins entre l'élément rayonnant et la surface adaptable sont contenus dans le volume de la cavité, i.e. à l'intérieur du boîtier, et l'antenne est plus compacte.

10 Enfin, les éléments réglables de la surface adaptable peuvent être répartis de manière quelconque dans la cavité car les réflexions multiples assurent de balayer la surface interne du boîtier et donc d'impacter tous les éléments réglables.

15 Dans divers modes de réalisation de l'antenne selon l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

20 Selon un aspect, un écran positionné dans la cavité entre l'élément rayonnant et l'ouverture pour limiter un rayonnement direct d'onde électromagnétique de l'élément rayonnant vers l'extérieur du boîtier et/ou pour réfléchir les ondes en direction de la surface adaptable.

Selon un aspect, l'ouverture est constituée de plusieurs ouvertures élémentaires, ces ouvertures élémentaires étant sur une face du boîtier ou sur une pluralité de faces du boîtier.

25 Selon un aspect, l'ouverture est constituée au moins partiellement d'un ou plusieurs éléments semi réfléchissants.

Selon un aspect, l'élément semi réfléchissant est réalisé par un film métallique mince.

30 Selon un aspect, l'élément semi réfléchissant est réalisé par un réseau de trous dans un élément métallique ou un réseau de formes métallique, un trou ou une forme étant distante d'un/une autre voisin/voisine d'une distance inférieure à la moitié de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique.

35 Selon un aspect, l'élément semi réfléchissant a une

propriété de transmission électromagnétique qui varie dans la surface de l'ouverture.

Selon un aspect, la propriété de transmission électromagnétique comprend l'amplitude de transmission
5 et/ou la phase de transmission.

Selon un aspect, l'élément semi réfléchissant comprends un ou plusieurs éléments réglables d'ouverture pour modifier la manière dont l'onde électromagnétique est réfléchie et/ou transmise par ladite ouverture, le
10 contrôleur étant relié aux éléments réglables d'ouverture pour les contrôler à partir de paramètres d'ouverture.

Selon un aspect, l'élément rayonnant est positionné dans le boîtier pour émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique principalement directement vers la
15 surface adaptable, par orientation dudit élément dans le boîtier.

Selon un aspect, l'élément rayonnant est adapté en impédance avec l'impédance de la cavité, pour respecter une condition de couplage critique.

20 Selon un aspect, l'élément rayonnant est choisi dans une liste comprenant un monopôle, un dipôle, un guide d'onde, un guide d'onde rayonnant, et une antenne planaire.

Selon un aspect, la surface adaptable recouvre toutes les faces intérieures du boîtier ou une portion des
25 faces intérieures du boîtier ou une ou plusieurs des faces intérieures du boîtier.

Selon un aspect, la surface adaptable est constituée d'éléments réglables répartis dans le boîtier sans périodicité.

30 Selon un aspect, la surface adaptable comprend des premiers éléments réglables accordés à une première fréquence et des seconds éléments réglables accordés à une seconde fréquence, la première fréquence étant différente de la seconde fréquence.

35 Selon un aspect, les premiers et seconds éléments réglables sont répartis spatialement mélangés.

Selon un aspect, la surface adaptable comprend des éléments réglables accordés à une pluralité de fréquences différentes comprises dans une bande passante prédéterminée.

5 Selon un aspect, le boîtier comprend une face principale, et le boîtier a une dimension d'épaisseur dans une direction perpendiculaire à ladite face principale inférieure aux autres dimensions du boîtier, et la dimension d'épaisseur est supérieure à la moitié de la
10 longueur d'onde de l'onde électromagnétique

Selon un aspect, le boîtier comprend une face principale, et la face principale est de forme semi-sphérique.

15 Selon un aspect, le contrôleur détermine les paramètres également en fonction d'une polarisation souhaitée.

Selon un aspect, le contrôleur détermine les paramètres à partir de valeurs de paramètres préenregistrées dans une mémoire, ou par calcul d'un modèle
20 ou par un procédé itératif utilisant une information supplémentaire.

Selon un aspect, l'information supplémentaire est issues de signaux de capteurs externes situés à l'extérieur du boîtier et adaptés pour recevoir l'onde
25 électromagnétique.

Selon un aspect, l'antenne comprend en outre un ou plusieurs capteurs internes adaptés pour recevoir l'onde électromagnétique, lesdits capteurs internes étant intégrés à l'intérieur du boîtier, et le contrôleur détermine les
30 paramètres à partir d'une direction souhaitée de l'onde électromagnétique et de valeurs de l'onde électromagnétique reçue par les capteurs internes à certaines périodes prédéterminées.

35 Selon un aspect, l'antenne comprend une pluralité d'éléments rayonnant intégrés à l'intérieur du boîtier.

L'invention concerne également **un système de communication radio** adapté pour communiquer des communications audio, vidéo, des messages ou des données. Ce système de communication radio comprend une antenne
5 telle que présenté ci-dessus.

L'invention concerne également **un système de détection radar** adapté pour localiser des objets dans un espace. Ce système de détection radar comprend une antenne
10 telle que présenté ci-dessus.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description
15 suivante d'un de ses modes de réalisation, donné à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins joints.

Sur les dessins :

- la figure 1 est une vue schématique d'un premier mode de réalisation d'une antenne selon l'invention,
20
- la figure 2a montre un rayonnement de l'antenne de la figure 1 sans optimisation des paramètres,
- la figure 2b montre un rayonnement de l'antenne de la figure 1 après optimisation des paramètres par le contrôleur,
25
- la figure 3a est un diagramme de rayonnement de l'antenne de la figure 1 sans optimisation des paramètres,
- la figure 3b est un diagramme de rayonnement de l'antenne de la figure 1 après optimisation des paramètres par le contrôleur,
30
- la figure 4a est un autre diagramme de rayonnement de l'antenne de la figure 1, avec des paramètres optimisés pour émettre avec un angle de 90 °,
- la figure 4b est un autre diagramme de rayonnement de l'antenne de la figure 1, avec des
35 paramètres optimisés pour émettre avec un angle de 60 °,
- la figure 5a est une vue schématique d'une

variante de l'antenne de la figure 1, comprenant une ouverture composée de plusieurs ouvertures élémentaires sur une face du boîtier,

5 - la figure 5b est une vue schématique d'une variante de l'antenne de la figure 1, comprenant une ouverture composée de plusieurs ouvertures élémentaires sur plusieurs faces du boîtier,

10 - la figure 6 est une vue schématique d'une variante de l'antenne de la figure 1, avec un boîtier en forme de dôme,

- la figure 7 est une vue en coupe latérale d'une antenne selon la figure 1 incluant un écran et des dispositifs réverbérant, et

15 - la figure 8 montre un deuxième mode de réalisation d'une antenne sphérique.

DESCRIPTION DETAILLEE

La **figure 1** montre un premier mode de réalisation de l'invention d'une antenne 10 selon l'invention. 20 L'antenne 10 est une antenne pour émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique dans une direction souhaitée.

L'antenne 10 comprend :

25 - un élément rayonnant 20 pour émettre et/ou recevoir l'onde électromagnétique,

- une surface adaptable 30 comprenant une pluralité d'éléments réglables 31 pour modifier une impédance de la surface adaptable et pour modifier la manière dont l'onde électromagnétique est réfléchiée et/ou transmise par ladite surface adaptable, et

30 - un contrôleur 40 relié à la surface adaptable et qui contrôle les éléments réglables de celle-ci à partir de paramètres, les paramètres étant déterminés à partir de la direction souhaitée de l'onde électromagnétique.

35 Une telle antenne peut être utilisée par exemple dans :

- un système de communication radio adapté pour

communiquer des communications audio, vidéo, des messages ou des données, ou dans

- un système de détection radar adapté pour localiser des objets dans un espace

5 Des variantes de surfaces adaptables connues sont par exemples sont décrit dans le document US 2004/263408 cité ci-dessus ou dans le document US 2016/0233971 De nombreuses techniques sont connues pour réaliser de telles surfaces adaptables, parfois appelées des surfaces à
10 impédance adaptable, des méta-surfaces, des dispositifs de mise en forme d'onde, des réseaux de réflexion.

Pour l'antenne 10 selon l'invention, l'élément rayonnant 20 et la surface adaptable 30 sont intégrés à l'intérieur d'un boîtier 11, souvent appelé « radôme » dans
15 ce domaine technique. Cependant, ici, le boîtier ne sert pas seulement à protéger l'antenne, mais le boîtier 11 forme une cavité 12 (une cavité électromagnétique) pour les ondes We émises et/reçues par l'élément rayonnant 20. Le boîtier 11 est ainsi adapté pour que ces ondes We sont
20 réfléchies une ou plusieurs fois à l'intérieur du boîtier et éventuellement réfléchies une ou plusieurs fois par des éléments réglables 31 de la surface adaptable 30.

Par exemple, le boîtier 11 est constitué d'un matériau transparent aux ondes électromagnétiques et sa
25 surface interne est au moins partiellement métallisée ou recouverte d'une couche métallique (métallisée) adaptée pour réfléchir les ondes We émises par l'élément rayonnant 20.

Plus généralement, le boîtier 11 comprend un moyen
30 pour réfléchir une ou plusieurs fois les ondes We à l'intérieur du boîtier pour que ces ondes impactent une ou plusieurs fois des éléments réglables 31 de la surface adaptable 30. Grâce à ces réflexions multiples sur des éléments réglables, ces ondes sont pilotables avec une très
35 grande diversité de réglages.

En outre, le boîtier 11 est une enveloppe

à 3 dimensions qui enferme temporairement les ondes We. Cette enveloppe a par exemple une forme parallélépipédique qui comprend par exemple une face inférieure, une face supérieure et des faces latérales. Ces faces comprennent
5 lesdits moyens pour réfléchir les ondes.

En alternative, le boîtier 11 a une forme semi-sphérique ou sphérique.

Par exemple, les faces ou surfaces du boîtier 11 sont recouvertes d'un matériau adapté pour que l'onde We
10 émise et/ou reçue par l'élément rayonnant 20 soit réfléchi par les faces de ce boîtier 11 à 3 dimensions. Le matériau adapté est par exemple un matériau métallique ou métallisé ou chargé en particules métalliques.

Le boîtier 11 comprend une ouverture 13 pour que
15 l'onde électromagnétique We soit émise vers l'extérieur ou soit reçue de l'extérieur du boîtier 11, à travers cette ouverture 13 en une onde électromagnétique Wa de propagation externe. Une fois émise hors du boîtier 11, cette onde électromagnétique Wa émise par l'antenne 10 se
20 propage alors vers un champ lointain. Réciproquement, le boîtier 11 se comporte comme un capteur qui absorbe par l'ouverture 13 des ondes électromagnétiques Wa provenant d'un champ lointain pour que l'élément rayonnant 20 dans le boîtier reçoive une grande quantité d'ondes We internes à
25 la cavité.

Cette ouverture 13 est une ouverture au sens électromagnétique : Le boîtier 11 peut être physiquement fermé et étanche, mais il y a une ouverture 13 électromagnétique qui laisse au moins partiellement fuir
30 les ondes électromagnétiques vers l'extérieur du boîtier. Il suffit par exemple qu'une portion d'un boîtier ne soit pas métallisée.

L'antenne 10 selon l'invention est donc constitué d'une cavité électromagnétique délimitée par un boîtier 11
35 dans lequel se situe une surface adaptable 30 à propriété contrôlable, et un élément rayonnant 20 qui est source

orientée vers la surface adaptable 20 et qui est écrantée de l'extérieur du boîtier 11 par une interface métallique.

Il faut noter que la surface adaptable 30 n'est pas positionnée dans l'ouverture 13 car cela réduirait les performances et la contrôlabilité de l'antenne 10, mais elle est positionnée sur une ou plusieurs parois internes du boîtier 11.

Grâce à cette intégration d'un élément rayonnant 20 et d'une surface adaptable 30 dans une cavité électromagnétique, l'antenne 10 est capable de transformer un rayonnement électromagnétique quelconque de l'élément rayonnant simultanément en un rayonnement directif (concentré sur une direction) et en un rayonnement pilotable en inclinaison (orientation) dans toutes les directions de l'espace. En outre, cette antenne est compacte et très efficace.

En outre, contrairement aux techniques antérieures d'antennes à réseau de phase ou d'antenne à réseau de réflexion, qui imposent des distances fixées entre les éléments réglables par leur principe de fonctionnement, les éléments réglables 31 de la surface adaptable peuvent être répartis de manière quelconque dans la cavité 12. En effet, les réflexions multiples dans la cavité 12 assurent de balayer l'ensemble de la surface interne du boîtier 11 et donc d'impacter tous les éléments réglables 31.

Les paramètres permettent de déterminer les états de chaque élément réglable 31 de la surface adaptable 30, c'est-à-dire la façon dont chacun modifie son impédance et dont l'onde électromagnétique W_e est réfléchi et/ou transmise dans la cavité 12. Un jeu de paramètres détermine l'ensemble de ces états et donc la caractéristique de l'antenne.

Il est possible de trouver un jeu de paramètres qui optimise l'émission et/ou réception (par réciprocité) de l'onde électromagnétique W_a de l'antenne, c'est-à-dire qui

permet d'obtenir un lobe principal L1 de grande amplitude et des lobes secondaires L2 de faible amplitude, comme cela est représenté en **figures 2a et 2b** qui montrent le changement entre un faisceau d'émission pour un jeu de paramètres non optimisés (figure 2a) puis pour un jeu de paramètres optimisés (figure 2b). Notamment dans le mode optimisé, les lobes secondaires L2 sont d'amplitude inférieure à la moitié de l'amplitude du lobe primaire L1. De préférence, l'antenne sera conçu pour obtenir des amplitudes de lobes secondaires L2 inférieure à 1/4 de l'amplitude du lobe primaire L1. Idéalement, on pourra rechercher à obtenir un rapport de 1/10 pour ces amplitudes.

On obtient ainsi une antenne directive (faisceau concentré dans une direction) de grande efficacité, et notamment à partir de tout type d'élément rayonnant, et pas seulement un cornet comme présenté dans le document US 2004/263408.

Les **figures 3a et 3b** montrent des diagrammes de rayonnement normalisés à une amplitude 1 de l'antenne avec des paramètres de la figure 3a et 3b, respectivement. Ces diagrammes montrent que le changement des paramètres permet d'améliorer la directivité de l'antenne, puisque dans le premier jeu de paramètres le diagramme présente deux lobes de quasi même amplitude (figure 3a), alors que dans le second jeu de paramètres, optimisé, le diagramme présente un lobe principal de grande amplitude à la position angulaire de 0 ° (figure 3b). Ce lobe principal a effectivement une amplitude supérieure à 4 fois l'amplitude des autres lobes, les lobes secondaires.

Ensuite, il est également possible de trouver un jeu de paramètres qui modifie l'orientation du lobe primaire L1 de l'antenne. En fait, on recherche un jeu de paramètres optimisé en directivité pour chaque orientation ou direction, comme cela est représenté en **figures 4a et 4b**. La figure 4a montre un diagramme de

rayonnement optimisé pour une orientation ou direction de 90° , et la figure 4b montre un diagramme de rayonnement optimisé pour une orientation ou direction de 60° . Les inventeurs ont trouvé sur l'antenne 10 réalisée qu'il était possible d'obtenir des jeux de paramètres optimisés pour une large plage angulaire d'émission/réception. Par exemple, cette plage angulaire est de l'ordre de $\pm 60^\circ$ par rapport à une direction normale à l'ouverture, et cela dans les deux plans perpendiculaires, i.e. le plan horizontal et le plan vertical.

On obtient donc simplement une antenne à rayonnement d'orientation réglable de grande efficacité (sensibilité).

Le contrôleur 40 peut déterminer les paramètres pour la surface adaptable 30 en fonction de la direction souhaitée de l'onde électromagnétique W_a pour l'antenne 10.

Suite aux explications précédentes, on comprend que l'on pourra enregistrer en mémoire du contrôleur des valeurs de jeux de paramètres pour une pluralité de directions, par exemple un ensemble de couples directions angulaires selon un angle du plan horizontal (azimut) et un angle du plan vertical (élévation). Par exemple, le contrôleur choisira le jeu de paramètres dont la direction est la plus proche de la direction désirée. Optionnellement, le contrôleur pourra effectuer des interpolations sur plusieurs jeux de paramètres de directions voisines.

En variante, un modèle des jeux de paramètres pourrait être établi, et le contrôleur 40 déterminera les paramètres par calcul avec ce modèle et la direction souhaitée.

En variante, le contrôleur 40 déterminera par un procédé itératif d'optimisation le jeu de paramètres à utiliser, l'optimisation étant par exemple effectuée à l'aide d'une information supplémentaire donnée au contrôleur. Cette information supplémentaire peut provenir

de signaux d'un ou plus capteurs externes reliés audit contrôleur 40 par une liaison directe ou indirecte, filaire ou sans fil. Eventuellement, cette information supplémentaire peut provenir d'un autre système, par exemple un système utilisateur de l'antenne 10. Cette information supplémentaire est relative à l'onde électromagnétique W_a émise et/ou reçue par l'antenne 10, en champ proche de l'antenne et/ou en champ lointain de l'antenne.

10 Notamment, cette information supplémentaire peut servir d'information de rétroaction pour la détermination des paramètres de réglage de la surface adaptable 30.

L'antenne 10 selon le mode de réalisation présenté ci-dessus peut alors présenter plusieurs variantes de ses composants. Ces variantes peuvent être indépendantes ou implémentées en combinaison.

Selon des premières variantes concernant l'ouverture 13 de l'antenne 10, l'ouverture 13 comprend un élément semi réfléchissant (ou semi transparent) des ondes électromagnétiques. Ainsi, les ondes électromagnétiques peuvent partiellement traverser ces éléments semi réfléchissants dans le sens de l'entrée ou de la sortie du boîtier 11, la partie non transmise de ces ondes électromagnétiques étant alors réfléchi vers l'intérieur de la cavité pour subir encore une ou plusieurs réflexions. Eventuellement, ces réflexions dans la cavité amène l'onde électromagnétique sur la surface adaptable 30 qui en contrôle donc à chaque fois une portion.

30 Eventuellement, l'élément semi réfléchissant est réalisé par un film métallique mince.

Eventuellement, l'élément semi réfléchissant est réalisé par un réseau de trous dans un élément métallique ou un réseau de formes métallique, un trou ou une forme étant distante d'un/une autre voisin/voisine d'une distance inférieure à la moitié de la longueur d'onde de l'onde

électromagnétique.

Eventuellement, l'élément semi réfléchissant a une propriété de transmission électromagnétique (i.e. de transmittance) qui varie dans la surface interne de l'ouverture 13. C'est-à-dire que cette propriété de transmission électromagnétique n'est pas constante dans l'ouverture 13 et certaines parties de l'ouverture 13 laissent passer plus d'ondes que d'autres parties. La propriété de transmission électromagnétique comprend par exemple l'amplitude de transmission et/ou la phase de transmission à travers l'élément semi réfléchissant, en fonction de sa matière et/ou de ses caractéristiques structurelles.

Eventuellement, l'élément semi réfléchissant comprend un ou plusieurs éléments réglables d'ouverture adaptés et commandés pour modifier la manière dont l'onde électromagnétique est réfléchie et/ou transmise par cet élément réglable d'ouverture, ce qui permet de moduler activement la transparence de l'ouverture 13. Le contrôleur est alors relié aux éléments réglables d'ouverture pour les contrôler à partir de paramètres d'ouverture. Ces éléments réglables d'ouverture peuvent être similaires ou différents des éléments réglables de la surface adaptable 30. Les paramètres d'ouverture sont différents des paramètres de la surface adaptable 30.

Eventuellement, l'ouverture 13 est constituée de plusieurs ouvertures élémentaires $13_1 \dots 13_6$ comme représenté en **figure 5a et 5b**. Ces ouvertures élémentaires sont situées sur une face unique du boîtier 11 ou sur une pluralité de faces du boîtier 11. Ces ouvertures élémentaires peuvent avoir des formes identiques ou non, que cela soit sur une face ou sur plusieurs faces du boîtier 11.

Selon des deuxièmes variantes concernant le boîtier 11 de l'antenne 10, le boîtier 11 a une forme parallélépipédique comme représenté en figure 1, ou non

parallélépipédique. Par exemple, le boîtier 11 peut avoir une forme cylindrique ou sphérique ou tout autre forme quelconque.

5 Eventuellement, le boîtier 11 comprend une face principale qui a la plus grande surface des faces du boîtier. La face principale comprend éventuellement l'ouverture 13 ou une partie de l'ouverture 13 (au moins une ouverture élémentaire).

10 Le boîtier 11 a alors une dimension dans une direction perpendiculaire à la face principale inférieure aux autres dimensions du boîtier 11.

Eventuellement, la dimension d'épaisseur est supérieure à la moitié de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique.

15 Eventuellement, la face principale est de forme semi sphérique. Cette face peut comprendre avantageusement l'ouverture 13 pour offrir plus aisément un diagramme de rayonnement homogène dans le plan horizontal sur 360 ° autour de la normale à ladite face principale. Le boîtier 11 a alors par exemple une forme de dôme comme
20 représenté en **figure 6** avec une face principale F1 d'émission/réception semi sphérique et une face secondaire F2 dans une direction opposée à la face principale. La face secondaire F2 est sensiblement plane et
25 circulaire.

Par exemple, l'élément rayonnant 20 est placé à l'intérieur du boîtier 11 au centre de la face principale F1, i.e. sous cette forme semi sphérique, et la surface adaptable peut être placée sur la face secondaire F2 en face de l'élément rayonnant 20. Une ouverture 13, composée éventuellement d'ouvertures élémentaires sont
30 situées sur la face principale F1, autour de l'élément rayonnant 20.

Selon des troisièmes variantes concernant l'élément
35 rayonnant 20 de l'antenne 10, l'élément rayonnant 20 intégré dans le boîtier 11 de l'antenne 10 est lui-même

directif, c'est-à-dire qu'il génère un faisceau d'onde électromagnétique We concentré dans une direction.

5 Eventuellement, l'élément rayonnant 20 est positionné dans le boîtier 11 par rapport à la surface adaptable 30 de telle manière pour émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique We principalement directement vers la surface adaptable 30, par une orientation prédéterminée de l'élément rayonnant 20.

10 Eventuellement, l'élément rayonnant 20 est un monopôle ou un dipôle ou un guide d'onde ou un guide d'onde rayonnant ou une antenne planaire. En fait, l'intégration de l'élément rayonnant 20 et de la surface adaptable 30 dans une cavité 12 permet d'utiliser tout type d'élément rayonnant.

15 Eventuellement, l'élément rayonnant 20 peut être composé d'une pluralité d'éléments actifs. Ces éléments actifs peuvent être spécialisés : un ou plusieurs d'entre eux sont des éléments d'émission d'onde électromagnétique We , et un ou plusieurs d'entre eux sont des éléments de réception d'onde électromagnétique.

L'élément rayonnant 20 peut être spécifié pour une fréquence d'onde particulière ou plusieurs fréquences ou une bande passante comprise entre deux fréquences.

25 Avantageusement, l'élément rayonnant 20 est adapté en impédance avec l'impédance de la cavité 12, c'est-à-dire la cavité incluant tous ses éléments, e.g. l'ouverture 12 et la surface adaptable 30 et autres. Notamment, il est souvent recherché à respecter une condition de couplage critique pour cette adaptation en impédance. Le facteur de qualité de l'élément rayonnant 20 et de la cavité 12 sont
30 similaires ou identiques.

Selon des quatrièmes variantes concernant la surface adaptable 30, cette surface adaptable 30 recouvre
35 toutes les faces ou surfaces intérieures du boîtier 11. Eventuellement, elle recouvre seulement une portion des

faces ou surfaces intérieures du boîtier 11. Optionnellement, la surface adaptable 30 est à l'intérieur du boîtier 11 (dans son volume interne) et à distances de ses faces ou surfaces.

5 Eventuellement, la surface adaptable 30 est constituée d'éléments réglables 31 répartis dans le boîtier 11 sans périodicité. C'est-à-dire qu'ils ne forment pas une matrice régulière. En fait, ils peuvent presque être réparti aléatoirement ou à des emplacements déterminés
10 pour toute considération. Une grande liberté existe. Cette possibilité est impossible dans les antennes de l'art antérieur de réseau de phase ou de réseau de réflexion qui ont besoin soit d'une périodicité soit de rassemble les éléments dans une zone restreinte pour les illuminer.

15 Eventuellement, la surface adaptable 30 peut comprendre des premiers éléments réglables accordés à une première fréquence et des seconds éléments réglables accordés à une seconde fréquence. La première fréquence et différente à la seconde fréquence.

20 Surtout, ces premiers et seconds éléments réglables peuvent être mélangés spatialement à l'intérieur de la cavité, alors dans les antennes de l'art antérieur cette possibilité est impossible du fait des contraintes de distances entre les éléments réglables pour le
25 fonctionnement de ces antennes.

 Notamment, pour des applications satellitaires, il est possible d'avoir une antenne compacte adaptée à deux fréquences comme la première fréquence de 20 GHz d'émission et la seconde fréquence de 30 GHz de réception.

30 La surface adaptable 20 comprend les deux types d'éléments réglables répartis dans la cavité du boîtier.

 Eventuellement, la surface adaptable 30 comprend des éléments réglables accordés à une pluralité de fréquences différentes comprises dans une bande passante
35 prédéterminée pour que l'antenne puisse fonctionner dans toute cette bande passante.

Eventuellement, la surface adaptable 30 peut être commandée pour obtenir des polarisations choisies de l'onde électromagnétique W_a . Notamment, il est possible d'obtenir avec la surface adaptable 30 une polarisation horizontale, 5 une polarisation verticale, ou toute combinaison de polarisation horizontale et verticale, et donc une polarisation circulaire.

Ainsi, le contrôleur 40 peut déterminer les paramètres également en fonction d'une polarisation 10 souhaitée, qu'elle soit horizontale, verticale ou circulaire.

Selon des cinquièmes variantes, l'antenne 10 peut comprendre dans la cavité d'autres éléments, tels qu'un ou 15 plusieurs écrans 14 de protection ou un ou plusieurs dispositifs réverbérant 15 ou des parois internes, comme représenté en **figure 7**.

Un écran 14 peut être avantageusement positionné dans la cavité 12 entre l'élément rayonnant et 20 l'ouverture 13 pour limiter un rayonnement direct d'onde électromagnétique de l'élément rayonnant 20 vers l'extérieur du boîtier et/ou pour réfléchir les ondes en direction de la surface adaptable 30.

Un dispositif réverbérant 15 peut aussi être 25 positionné dans la cavité 12 pour complexifier les réflexions des ondes électromagnétiques dans la cavité 12.

Grâce à ces dispositions, on assure que les ondes W_e font une ou plusieurs réflexions à l'intérieur de la cavité 12 de l'antenne 10, ce qui assure qu'elles 30 impactent la surface adaptable 30 au moins une fois, et de préférence plusieurs fois sur une multitude d'éléments réglables 31.

Eventuellement, des parois internes sont à l'intérieur du boîtier 11 et séparent la cavité 12 en une 35 pluralité de compartiments. La surface adaptable 30 ou une partie de la surface adaptable, i.e. des éléments

réglables 31, peuvent être placés sur ces parois internes.

L'antenne 10 peut également comprendre dans la cavité 12, un ou plusieurs capteurs internes adaptés pour recevoir l'onde électromagnétique. Ces capteurs internes
5 génèrent des signaux de rétroaction qui sont des mesures ou valeurs de l'onde électromagnétique reçue par les capteurs internes à certaines périodes prédéterminées.

Le contrôleur 40 détermine alors les paramètres de la surface adaptable 30 à partir de la direction souhaitée,
10 comme précédemment, mais également à partir de ces valeurs des capteurs internes.

Ces capteurs internes permettent à l'antenne 10 de conserver durablement ses caractéristiques de directivité et de précision d'inclinaison de l'onde électromagnétique.
15 L'antenne 10 est ainsi plus robuste aux variations temporelles et aux perturbations externes.

La **figure 8** montre un deuxième mode de réalisation de l'invention d'une antenne 10 selon l'invention. Cette
20 antenne comprend les mêmes éléments que l'antenne 10 du premier mode de réalisation, et peut avoir les mêmes variantes de manière indépendantes ou combinées entre elles.

Cette antenne 10 a un boîtier 11 sphérique et une
25 surface adaptable 20 sphérique de diamètre inférieur à celui du boîtier, ladite surface adaptable 20 étant positionnée à l'intérieur et au centre du boîtier 11. Le boîtier 11 comprend une très grande ouverture 13 quasiment sur toute la surface du boîtier. En fait, comme déjà
30 explicité, l'ouverture 13 est définie au sens électromagnétique ; c'est-à-dire que c'est une partie du boîtier qui est transparente ou semi réfléchissante pour les ondes électromagnétiques pour que celles-ci puissent entrer et/ou sortir du boîtier 11. Il suffit que cette
35 ouverture soit constituée d'un matériau ayant cette propriété. Dans le cas présent, l'ouverture 13 est

avantageusement semi réfléchissante de telle sorte que les ondes électromagnétiques soient réfléchies plusieurs fois entre la surface adaptable 30 et le boîtier 11 avant de sortir du boîtier 11 ou d'atteindre l'élément rayonnant 20.

5 L'élément rayonnant 20 est par exemple situé à proximité de la surface interne du boîtier 11. Avantageusement, cet élément rayonnant 20 est protégé de l'extérieur par un écran 15 : le boîtier 11 est réfléchissant derrière l'élément rayonnant.

10 Grâce à ces dispositions, l'antenne 10 de ce mode de réalisation est capable d'émettre et/ou recevoir des ondes électromagnétiques sur 360° et même dans toute direction de l'espace.

Comme représenté, l'antenne 10 peut comprendre deux
15 ou plus d'éléments rayonnants 20, ce qui améliore ses capacités angulaires.

Enfin, à la lecture de la présente description détaillée, l'homme du métier comprend que de très
20 nombreuses variantes d'une antenne orientable sont réalisables, que cela soit en forme, fréquences, performances de directivité, en fonction de chaque application.

De nombreuses application en transmission de
25 communication et en détections radar sont possibles.

Par exemple, en communication radio, de telles antennes, ayant de capacités d'orientation élevées du faisceau d'onde électromagnétique, pourront être utilisées par paire. Les antennes pourront s'auto-adapter en
30 directivité pour diriger leur faisceau l'une vers l'autre et améliorer grandement la qualité et la bande passante de la transmission entre les deux antennes.

Par exemple, la technologie de l'antenne selon l'invention peut avoir de grands intérêts en application
35 d'antennes satellitaire par la compacité et ses capacités multi-fréquences.

REVENDICATIONS

1. **Antenne (10)** pour émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique dans une direction souhaitée, 5 comprenant :

- un élément rayonnant (20) pour émettre et/ou recevoir ladite onde électromagnétique,

- une surface adaptable (30) comprenant une pluralité d'éléments réglables pour modifier une impédance 10 de ladite surface adaptable et pour modifier la manière dont l'onde électromagnétique est réfléchi par ladite surface adaptable, et

- un contrôleur (40) relié à la surface adaptable et qui contrôle les éléments réglables de celle-ci à partir 15 de paramètres, lesdits paramètres étant déterminés à partir de la direction souhaitée de l'onde électromagnétique, l'antenne **étant caractérisée en ce que** l'élément rayonnant (20) et la surface adaptable (30) sont intégrés à l'intérieur d'un boîtier (11),

20 ledit boîtier (11) formant une cavité (12) adaptée pour que l'onde électromagnétique soit réfléchi plusieurs fois à l'intérieur du boîtier pour impacter plusieurs fois des éléments réglables de la surface adaptable (30),

25 ledit boîtier (11) comprenant une ouverture (13) pour que l'onde électromagnétique soit émise vers l'extérieur ou soit reçue de l'extérieur du boîtier, à travers ladite ouverture, et vers/ depuis un champ lointain.

2. L'antenne selon l'une des revendications 1, 30 comprenant en outre un écran (15) positionné dans la cavité (12) entre l'élément rayonnant et l'ouverture pour limiter un rayonnement direct d'onde électromagnétique de l'élément rayonnant vers l'extérieur du boîtier et/ou pour réfléchir les ondes en direction de la surface adaptable.

35

3. L'antenne selon la revendication 1 ou la

revendication 2, dans laquelle l'ouverture (13) est constituée de plusieurs ouvertures élémentaires, ces ouvertures élémentaires étant sur une face du boîtier ou sur une pluralité de faces du boîtier.

5

4. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle l'ouverture (13) est constituée au moins partiellement d'un ou plusieurs éléments semi réfléchissants.

10

5. L'antenne selon la revendication 4, dans laquelle l'élément semi réfléchissant est réalisé par un film métallique mince.

15

6. L'antenne selon la revendication 4, dans laquelle l'élément semi réfléchissant est réalisé par un réseau de trous dans un élément métallique ou un réseau de formes métallique, un trou ou une forme étant distante d'un/une autre voisin/voisine d'une distance inférieure à la moitié de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique.

20

7. L'antenne selon la revendication 4, dans laquelle l'élément semi réfléchissant a une propriété de transmission électromagnétique qui varie dans la surface de l'ouverture.

25

8. L'antenne selon la revendication 7, dans laquelle la propriété de transmission électromagnétique comprend l'amplitude de transmission et/ou la phase de transmission.

30

9. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle l'élément semi réfléchissant comprend un ou plusieurs éléments réglables d'ouverture pour modifier la manière dont l'onde électromagnétique est réfléchie et/ou transmise par ladite ouverture, le contrôleur étant relié aux éléments réglables d'ouverture pour les contrôler à

35

partir de paramètres d'ouverture.

- 5 **10.** L'antenne selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle l'élément rayonnant (20) est positionné dans le boîtier pour émettre et/ou recevoir une onde électromagnétique principalement directement vers la surface adaptable (30), par orientation dudit élément dans le boîtier.
- 10 **11.** L'antenne selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle l'élément rayonnant (20) est adapté en impédance avec l'impédance de la cavité, pour respecter une condition de couplage critique.
- 15 **12.** L'antenne selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle l'élément rayonnant (20) est choisi dans une liste comprenant un monopôle, un dipôle, un guide d'onde, un guide d'onde rayonnant, et une antenne planaire.
- 20 **13.** L'antenne selon l'une des revendications 1 à 12, dans laquelle la surface adaptable (30) recouvre toutes les faces intérieures du boîtier (11) ou une portion des faces intérieures du boîtier ou une ou plusieurs des faces intérieures du boîtier.
- 25 **14.** L'antenne selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle la surface adaptable (30) est constituée d'éléments réglables répartis dans le boîtier sans périodicité.
- 30 **15.** L'antenne selon l'une des revendications 1 à 14, dans laquelle la surface adaptable (30) comprend des premiers éléments réglables accordés à une première fréquence et des seconds éléments réglables accordés à une
- 35 seconde fréquence, la première fréquence étant différente de la seconde fréquence.

16. L'antenne selon la revendication 15, dans laquelle les premiers et seconds éléments réglables sont répartis spatialement mélangés.

5

17. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 16, dans laquelle la surface adaptable (30) comprend des éléments réglables accordés à une pluralité de fréquences différentes comprises dans une bande passante prédéterminée.

10

18. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 17, dans laquelle le boîtier (11) comprend une face principale, et dans laquelle le boîtier a une dimension d'épaisseur dans une direction perpendiculaire à ladite face principale inférieure aux autres dimensions du boîtier, et la dimension d'épaisseur est supérieure à la moitié de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique

15

19. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 18, dans laquelle le boîtier (11) comprend une face principale, et dans laquelle la face principale est de forme semi-sphérique.

20

20. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 19, dans laquelle le contrôleur (40) détermine les paramètres également en fonction d'une polarisation souhaitée.

25

21. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 20, dans laquelle le contrôleur (40) détermine les paramètres à partir de valeurs de paramètres préenregistrées dans une mémoire, ou par calcul d'un modèle ou par un procédé itératif utilisant une information supplémentaire.

30

22. L'antenne selon la revendication 21, dans laquelle l'information supplémentaire est issues de signaux de

35

capteurs externes situés à l'extérieur du boîtier et adaptés pour recevoir l'onde électromagnétique.

23. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 22, 5
comprenant en outre un ou plusieurs capteurs internes adaptés pour recevoir l'onde électromagnétique, lesdits capteurs internes étant intégrés à l'intérieur du boîtier, et le contrôleur détermine les paramètres à partir d'une direction souhaitée de l'onde électromagnétique et de 10
valeurs de l'onde électromagnétique reçue par les capteurs internes à certaines périodes prédéterminées.

24. L'antenne selon l'une des revendications 1 à 23, 15
comprenant une pluralité d'éléments rayonnant intégrés à l'intérieur du boîtier.

25. Système de communication radio adapté pour 20
communiquer des communications audio, vidéo, des messages ou des données, ledit système de communication radio comprenant une antenne selon l'une des revendications 1 à 24.

26. Système de détection radar adapté pour localiser 25
des objets dans un espace, ledit système de détection radar comprenant une antenne selon l'une des revendications 1 à 24.

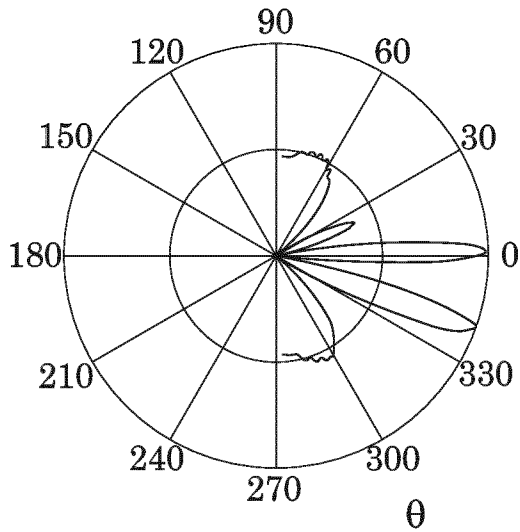


FIG. 3a

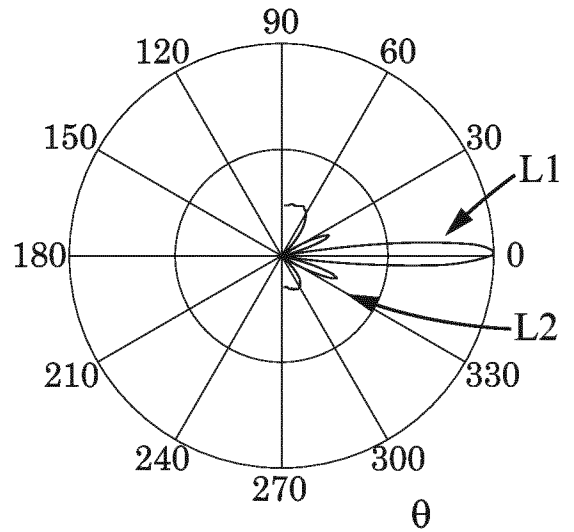


FIG. 3b

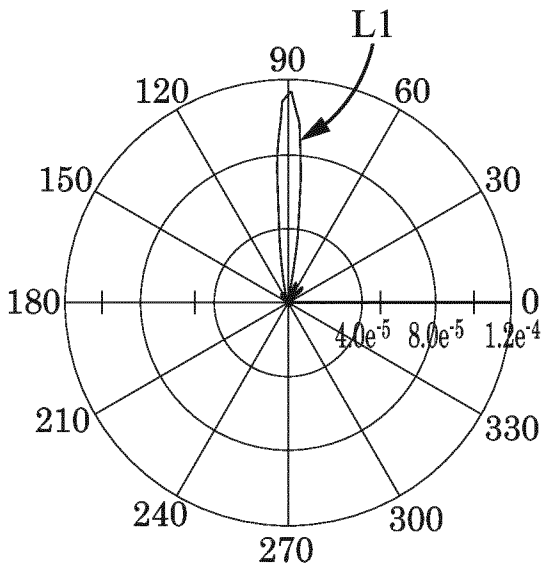


FIG. 4a

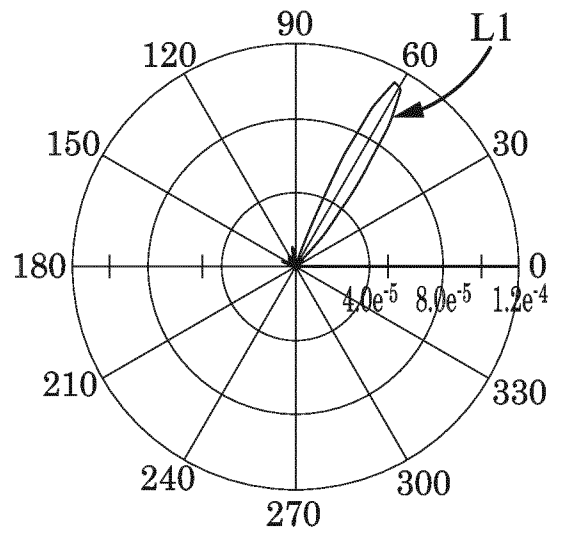


FIG. 4b

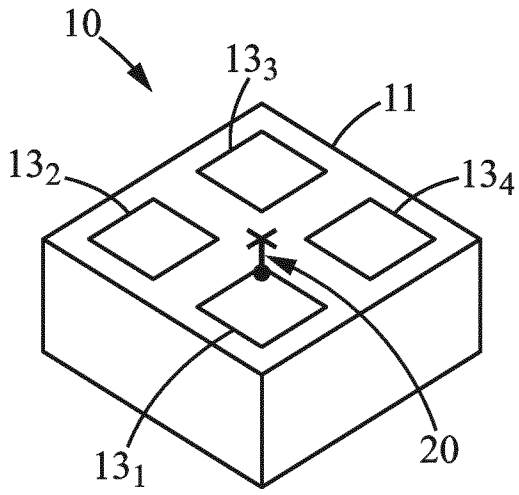


FIG. 5a

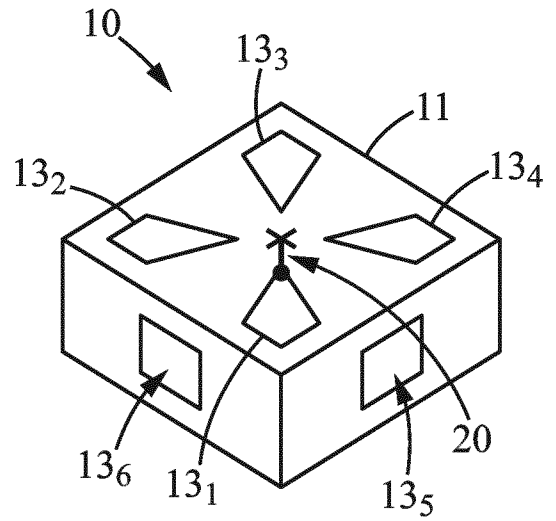


FIG. 5b

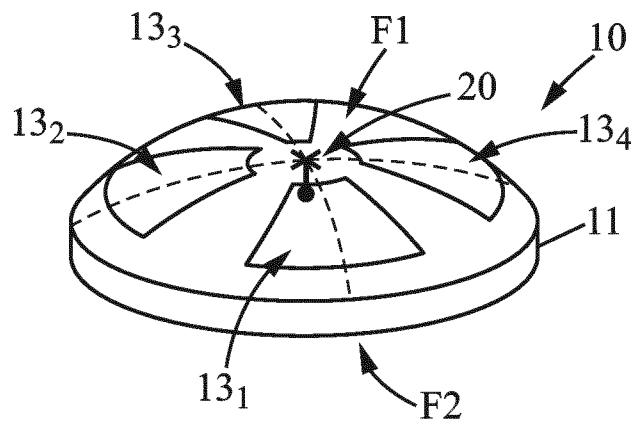


FIG. 6

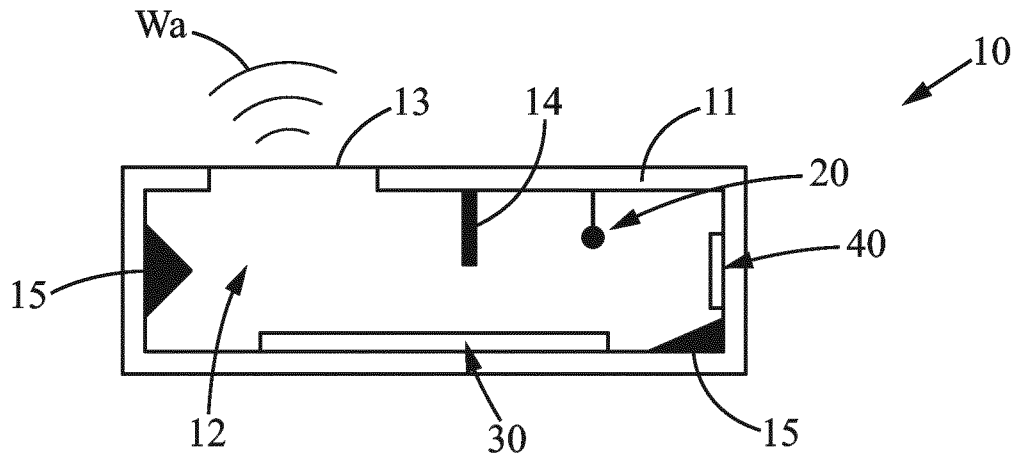


FIG. 7

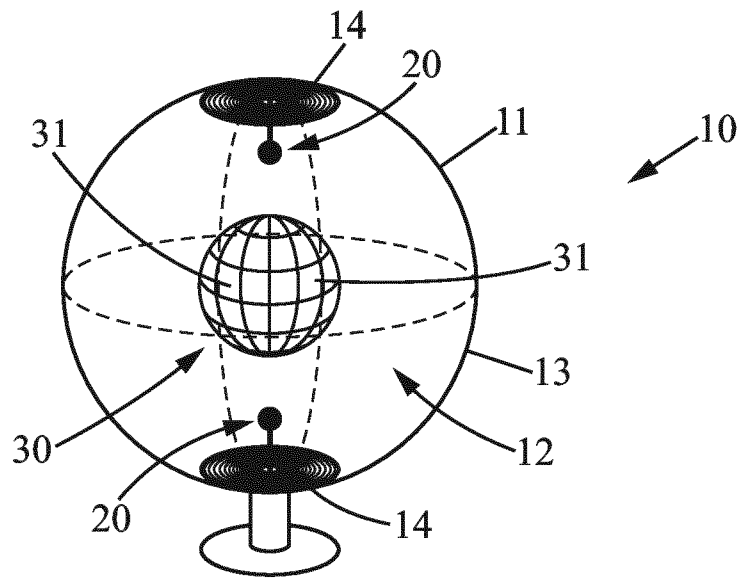


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/072637

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01Q 3/46</i> (2006.01)i; <i>H01Q 13/18</i> (2006.01)i; <i>H01Q 15/00</i> (2006.01)i; <i>H01Q 1/42</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013201068 A1 (ALEXOPOULOS NICOLAOS G [US] ET AL) 08 August 2013 (2013-08-08)	1-6,10-18,20-22,24,25
Y	paragraphs [0046], [0073], [0081] - [0083] figures 9,18	19
X	US 2017352952 A1 (WEILER RICHARD [DE] ET AL) 07 December 2017 (2017-12-07)	1,2,11,14-18, 20-22,24,25
Y	paragraphs [0033] - [0036] figures 1-2	19
X	US 2018076521 A1 (MEHDIPOUR AIDIN [US] ET AL) 15 March 2018 (2018-03-15)	1-8,10-18,20-22,24,26
Y	paragraphs [0071] - [0073], [0089] - [0092], [0109] - [0110] figures 1,7,10,11	19
Y	FR 3054940 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 09 February 2018 (2018-02-09) pages 12, 13; figure 3	19
A	US 2015130673 A1 (NG JACKSON [US] ET AL) 14 May 2015 (2015-05-14) paragraphs [0068] - [0071]; figures 1-3	1-26
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 September 2019		Date of mailing of the international search report 13 December 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Taddei, Ruggero Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/072637

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017133762 A1 (NG JACKSON [US] ET AL) 11 May 2017 (2017-05-11) paragraphs [0016] - [0024]; figures 1-3	1-26
A	FR 3056044 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 16 March 2018 (2018-03-16) pages 6-8; figures 1,2	1-26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/072637

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2013201068	A1	08 August 2013	US	2013201068	A1	08 August 2013
				US	2016134022	A1	12 May 2016
US	2017352952	A1	07 December 2017	CA	2977842	A1	01 September 2016
				CN	107431266	A	01 December 2017
				EP	3262712	A1	03 January 2018
				JP	6514366	B2	15 May 2019
				JP	2018507664	A	15 March 2018
				KR	20170110163	A	10 October 2017
				US	2017352952	A1	07 December 2017
				WO	2016134751	A1	01 September 2016
US	2018076521	A1	15 March 2018	EP	3513454	A1	24 July 2019
				JP	2019533925	A	21 November 2019
				KR	20190042738	A	24 April 2019
				TW	201813186	A	01 April 2018
				US	2018076521	A1	15 March 2018
				WO	2018052994	A1	22 March 2018
FR	3054940	A1	09 February 2018	NONE			
US	2015130673	A1	14 May 2015	NONE			
US	2017133762	A1	11 May 2017	EP	3375044	A1	19 September 2018
				US	2017133762	A1	11 May 2017
				WO	2017082971	A1	18 May 2017
FR	3056044	A1	16 March 2018	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2019/072637

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01Q3/46 H01Q13/18 H01Q15/00 H01Q1/42 ADD.				
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB				
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01Q				
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche				
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées		
X	US 2013/201068 A1 (ALEXOPOULOS NICOLAOS G [US] ET AL) 8 août 2013 (2013-08-08)	1-6, 10-18, 20-22, 24,25		
Y	alinéas [0046], [0073], [0081] - [0083] figures 9,18	19		
X	US 2017/352952 A1 (WEILER RICHARD [DE] ET AL) 7 décembre 2017 (2017-12-07)	1,2,11, 14-18, 20-22, 24,25		
Y	alinéas [0033] - [0036] figures 1-2	19		
----- -/--				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités:				
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets			
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale			
12 septembre 2019	13/12/2019			
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé			
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Taddei, Ruggero			

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2018/076521 A1 (MEHDIPOUR AIDIN [US] ET AL) 15 mars 2018 (2018-03-15)	1-8, 10-18, 20-22, 24,26
Y	alinéas [0071] - [0073], [0089] - [0092], [0109] - [0110] figures 1,7,10,11	19
Y	----- FR 3 054 940 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 9 février 2018 (2018-02-09) pages 12, 13; figure 3	19
A	----- US 2015/130673 A1 (NG JACKSON [US] ET AL) 14 mai 2015 (2015-05-14) alinéas [0068] - [0071]; figures 1-3	1-26
A	----- US 2017/133762 A1 (NG JACKSON [US] ET AL) 11 mai 2017 (2017-05-11) alinéas [0016] - [0024]; figures 1-3	1-26
A	----- FR 3 056 044 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 16 mars 2018 (2018-03-16) pages 6-8; figures 1,2	1-26

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/072637

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013201068	A1	08-08-2013	US 2013201068 A1 08-08-2013
			US 2016134022 A1 12-05-2016

US 2017352952	A1	07-12-2017	CA 2977842 A1 01-09-2016
			CN 107431266 A 01-12-2017
			EP 3262712 A1 03-01-2018
			JP 6514366 B2 15-05-2019
			JP 2018507664 A 15-03-2018
			KR 20170110163 A 10-10-2017
			US 2017352952 A1 07-12-2017
			WO 2016134751 A1 01-09-2016

US 2018076521	A1	15-03-2018	EP 3513454 A1 24-07-2019
			KR 20190042738 A 24-04-2019
			TW 201813186 A 01-04-2018
			US 2018076521 A1 15-03-2018
			WO 2018052994 A1 22-03-2018

FR 3054940	A1	09-02-2018	AUCUN

US 2015130673	A1	14-05-2015	AUCUN

US 2017133762	A1	11-05-2017	EP 3375044 A1 19-09-2018
			US 2017133762 A1 11-05-2017
			WO 2017082971 A1 18-05-2017

FR 3056044	A1	16-03-2018	AUCUN
