



(11) **EP 2 889 955 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
01.07.2015 Bulletin 2015/27

(51) Int Cl.:
H01Q 1/28 (2006.01) **H01Q 5/378 (2015.01)**
H01Q 9/04 (2006.01) **H01Q 21/06 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **14200359.9**

(22) Date de dépôt: **26.12.2014**

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeurs:
• **Tchoffo Talom, Friedman**
92622 GENNEVILLIERS CEDEX (FR)
• **Fondi de Niort, Guillaume**
92622 GENNEVILLIERS CEDEX (FR)
• **Thizon, Sophia**
92622 GENNEVILLIERS CEDEX (FR)

(30) Priorité: **26.12.2013 FR 1303086**

(74) Mandataire: **Blot, Philippe Robert Emile**
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(71) Demandeur: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(54) **Structure antennaire compacte pour télécommunications par satellites**

(57) L'invention concerne une structure antennaire (10) pour télécommunications, notamment par satellite, comportant une surface d'émission (11Tx) comprenant au moins un ensemble d'une pluralité d'antennes élémentaires d'émission (12Tx) formant un réseau, au moins une antenne élémentaire d'émission (12Tx) com-

portant deux patches de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, ladite au moins une antenne élémentaire d'émission (12Tx) étant dimensionnée pour émettre au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 27 gigahertz et 31 GHz.

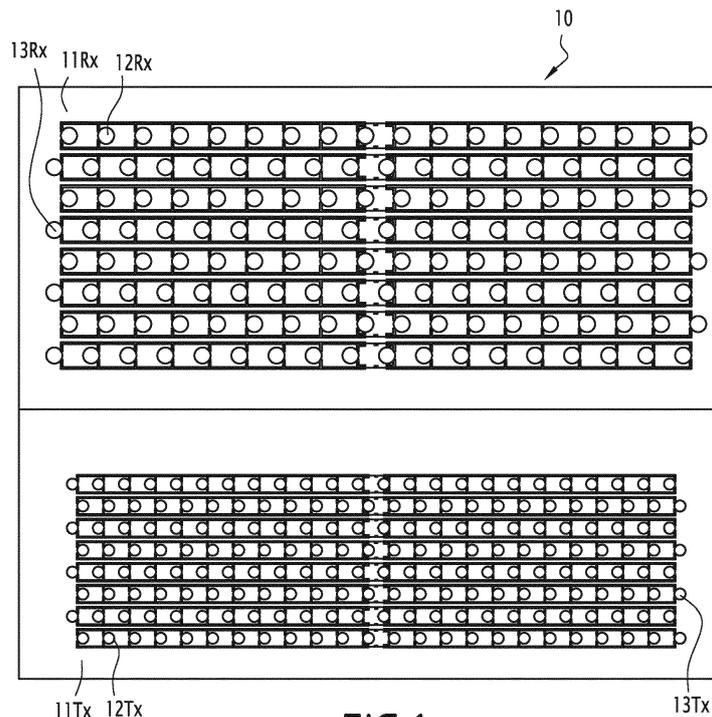


FIG.1

EP 2 889 955 A1

Description

[0001] La présente invention concerne une antenne élémentaire, une structure antennaire compacte pour télécommunications comprenant une telle antenne, une plateforme comprenant la structure antennaire et un procédé de communication par satellites entre deux stations utilisant la structure antennaire.

[0002] Dans le domaine des communications satellitaires, l'obtention d'une communication de bonne qualité implique des performances particulières pour les ondes électromagnétiques produites par la structure antennaire utilisée dans la communication en termes de gain et de niveau de lobes secondaires (rapport entre l'intensité des lobes secondaires et l'intensité du lobe principal). Ceci est d'autant plus vrai pour les communications satellitaires dites « haut débit », c'est-à-dire ne transmettant pas uniquement de la voix.

[0003] Dans le cas particulier de la bande électromagnétique Ka, deux bandes de fréquence distinctes sont impliquées. En effet, en émission, les ondes électromagnétiques de la bande Ka ont une fréquence comprise entre 27 gigahertz (GHz) et 31 GHz tandis qu'en réception, les ondes électromagnétiques de la bande Ka ont une fréquence comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz. Dans la suite de la description, la bande Ka pour l'émission est notée Tx tandis que la bande Ka pour la réception est notée Rx. En outre, les polarisations des ondes en émission et en réception sont généralement de type circulaires opposées ou non.

[0004] Ces fréquences et ces polarisations circulaires en réception et en émission imposent des contraintes sur la structure antennaire. De plus, dans le contexte de liaison satellitaire, il convient d'orienter l'antenne afin de pointer le satellite permettant d'établir la liaison. En outre, pour réduire la signature visuelle (l'encombrement physique), les solutions de type antennes paraboliques ne sont généralement pas privilégiées. D'autant plus que dans ce cas, la profondeur de l'antenne est contrainte par la focale de la source illuminant la parabole.

[0005] Parmi les structures antennaires permettant de respecter ces différentes contraintes, il est connu d'utiliser une antenne à balayage électronique pouvant comprendre deux panneaux antennaires disjoints respectivement pour l'émission d'une onde dont la fréquence centrale est autour de 30 GHz et pour la réception d'une onde centrée autour de 20 GHz.

[0006] Toutefois, l'antenne à balayage électronique obtenue peut présenter un encombrement important correspondant aux surfaces rayonnantes de chacun des modes de fonctionnement (émission/réception). En outre, l'efficacité d'une telle antenne peut être insuffisante en fonction de l'antenne élémentaire utilisée et du circuit d'alimentation associés notamment lorsqu'il s'agit d'antennes de type patch.

[0007] De plus, la mise en oeuvre d'une polarisation circulaire dans un premier sens dans la partie émission et d'une polarisation circulaire dans un deuxième sens

opposé ou non au premier sens pour la partie de réception s'avère difficile dans le cas de l'emploi d'un polariseur, ce qui réduit la flexibilité d'utilisation de l'antenne à balayage considérée.

[0008] Il existe donc un besoin pour une structure antennaire pour télécommunications, en particulier satellitaire dans la bande Ka, présentant un encombrement réduit en terme de profondeur et de capacité de pointage en utilisant un principe de balayage électronique tout en permettant l'obtention d'une communication haut débit de bonne qualité, notamment en termes de gain, de taux d'ellipticité et de lobes secondaires compatibles des gabarits normatifs.

[0009] A cet effet, il est proposé une structure antennaire pour télécommunications, notamment par satellite, comportant une surface d'émission comprenant au moins un ensemble d'une pluralité d'antennes élémentaires d'émission formant un réseau, au moins une antenne élémentaire d'émission comportant deux patchs de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, ladite au moins une antenne élémentaire d'émission étant dimensionnée pour émettre au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 27 gigahertz (GHz) et 31 GHz. La structure antennaire comprend également une surface de réception comprenant au moins un ensemble d'une pluralité d'antennes élémentaires de réception formant un réseau, au moins une antenne élémentaire de réception comportant deux patchs de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, ladite au moins une antenne élémentaire de réception étant dimensionnée pour recevoir au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz.

[0010] Suivant des modes de réalisation particuliers, la structure antennaire comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prise(s) isolement ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- chaque patch de ladite au moins une antenne élémentaire d'émission présente un centre, ladite antenne élémentaire d'émission comportant deux accès d'alimentation propres à alimenter un des deux patchs, chaque accès étant dans un secteur angulaire présentant un angle par rapport au centre du patch alimenté inférieur à 180°, et/ou chaque patch de ladite au moins une antenne élémentaire de réception présente un centre, ladite antenne élémentaire de réception comportant deux accès d'alimentation propres à alimenter un des deux patchs, chaque accès étant dans un secteur angulaire présentant un angle par rapport au centre du patch alimenté inférieur à 180°.
- les deux patchs de ladite au moins une antenne élémentaire d'émission sont espacés selon une première direction d'une distance comprise entre 0,5 millimètre (mm) et 2,0 mm, et/ou les deux patchs de ladite au moins une antenne élémentaire de réception sont espacés selon une première direction d'une dis-

- tance comprise entre 0,5 millimètre (mm) et 2,0 mm
- les deux patches de ladite au moins une antenne élémentaire d'émission sont espacés selon une première direction d'une distance comprise entre 0,75 millimètre (mm) et 1,5 mm, et/ou les deux patches de ladite au moins une antenne élémentaire de réception sont espacés selon une première direction d'une distance comprise entre 0,75 millimètre (mm) et 1,5 mm.
 - les diamètres des deux patches de ladite au moins une antenne élémentaire d'émission sont identiques, et/ou les diamètres des deux patches de ladite au moins une antenne élémentaire de réception sont identiques.
 - les antennes élémentaires d'émission de la structure antennaire comportent toutes deux patches de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, chaque antenne élémentaire d'émission étant dimensionnée pour émettre au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 27 GHz et 31 GHz, et/ou les antennes élémentaires de réception de la structure antennaire comportent toutes deux patches de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, chaque antenne élémentaire de réception étant dimensionnée pour recevoir au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz.
 - les antennes élémentaires d'émission et les antennes élémentaires de réception sont agencées en quinconce.
 - la surface d'émission est de forme générale rectangulaire et comprend au moins deux ensembles d'une pluralité d'antennes élémentaires d'émission formant chacun un réseau, les antennes élémentaires d'émission de chaque ensemble étant le long d'une ligne propre de cet ensemble, chaque ligne étant parallèle aux autres lignes propres, et/ou la surface de réception est de forme générale rectangulaire et comprend au moins deux ensembles d'une pluralité d'antennes élémentaires de réception formant chacun un réseau, les antennes élémentaires de réception de chaque ensemble étant le long d'une ligne propre de cet ensemble, chaque ligne étant parallèle aux autres lignes propres.

[0011] En outre, l'invention se rapporte aussi à une plateforme, notamment aérienne, comprenant au moins une structure antennaire telle que décrite précédemment.

[0012] La présente invention a également pour objet un procédé de télécommunication notamment par satellite, entre deux stations comprenant au moins l'une des étapes suivantes : une étape d'émission d'ondes électromagnétiques présentant une fréquence comprise entre 27 GHz et 31 GHz par une structure antennaire telle que précédemment décrite et une étape de réception d'ondes électromagnétiques présentant une fréquence

comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz par une structure antennaire telle que précédemment décrite.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation de l'invention, donnée à titre d'exemple uniquement et en référence aux dessins qui sont :

- figure 1, un schéma d'une structure antennaire propre à fonctionner sur la bande Ka,
- figure 2, un schéma en perspective d'une antenne élémentaire fonctionnant sur la bande Tx ;
- figures 3 et 4, des graphiques montrant respectivement l'évolution du taux d'ellipticité et du taux d'ondes stationnaires de l'antenne élémentaire de la figure 2 sur la bande Tx en fonction de la fréquence de fonctionnement ;
- figure 5, un schéma d'un réseau comprenant un ensemble d'antennes élémentaires selon la figure 2 ;
- figures 6 et 7, des graphiques montrant l'évolution du taux d'ellipticité et du taux d'ondes stationnaires du réseau de la figure 5 en fonction de la fréquence de fonctionnement ;
- figure 8, un graphique montrant l'évolution du gain de la structure antennaire selon la figure 5 en fonction de l'angle d'élévation ;
- figure 9, un schéma d'un panneau fonctionnant sur la bande Tx et comprenant des réseaux selon la figure 5 ;
- figures 10 et 11, des graphiques montrant l'évolution du gain du panneau de la figure 9 en fonction de l'angle d'élévation et pour un angle d'azimut donné ;
- figure 12, un graphique montrant l'évolution du taux d'ellipticité du panneau de la figure 9 en fonction de la fréquence de fonctionnement ;
- figure 13, un graphique montrant l'évolution du gain du panneau de la figure 9 en fonction de l'angle d'azimut lorsqu'un dépointage est mis en oeuvre ;
- figure 14, un schéma en perspective d'une antenne élémentaire fonctionnant en bande Rx ;
- figures 15 et 16, des graphiques montrant l'évolution du taux d'ellipticité et du taux d'ondes stationnaires pour l'antenne élémentaire de la figure 14 sur la bande Rx en fonction de la fréquence de fonctionnement ;
- figure 17, un schéma d'un réseau comprenant un ensemble d'antennes élémentaires selon la figure 14 ;
- figures 18 et 19, des graphiques montrant l'évolution du taux d'ellipticité et du taux d'ondes stationnaires du réseau de la figure 17 en fonction de la fréquence de fonctionnement ;
- figure 20, un graphique montrant l'évolution du gain du réseau de la figure 17 en fonction de l'angle d'élévation ;
- figure 21, un schéma d'un panneau fonctionnant sur la bande Rx et comprenant des réseaux selon la figure 17 ;

- figures 22 et 23, des graphiques montrant l'évolution du gain du panneau de la figure 21 en fonction de l'angle d'élévation et respectivement de l'angle d'azimut, et
- figure 24, un graphique montrant l'évolution du taux d'ellipticité du panneau de la figure 21 en fonction de la fréquence de fonctionnement.

[0014] Dans le cadre d'une application de télécommunications, notamment par satellites dans la bande Ka, il est proposé une structure antennaire 10 comportant une surface d'émission 11 Tx et une surface de réception 11 Rx telle que représentée à la figure 1.

[0015] Dans l'exemple présenté, la surface d'émission 11 Tx présente une forme générale rectangulaire et la surface de réception 11 Rx présente également une forme générale rectangulaire. Chaque surface d'émission 11Tx et de réception 11Rx accueille une pluralité d'antennes élémentaires 12Tx (pour l'émission) et 12Rx (pour la réception).

[0016] L'ensemble de la surface d'émission 11Tx et de la pluralité d'antennes élémentaires 12Tx forme un panneau d'émission 13Tx alors que l'ensemble de la surface de réception 11 Rx et de la pluralité d'antennes élémentaires 12Rx forme un panneau de réception 13Rx.

[0017] Dans la suite, la structure du panneau d'émission 13Tx est détaillée en décrivant successivement une antenne élémentaire 12Tx pour l'émission (figures 2 à 4), une ligne comportant une pluralité d'antennes élémentaires 12Tx pour l'émission (figure 5 à 8) puis le panneau d'émission 13Tx lui-même (figures 9 à 13). Une antenne élémentaire 12Tx pour l'émission est représentée sur la figure 2. Cela implique que l'antenne élémentaire 12Tx est propre à émettre une onde électromagnétique dont la longueur d'onde est notée λ_0 , cette longueur d'onde λ_0 correspondant à une fréquence centrale de la bande comprise entre 27 GHz et 31 GHz.

[0018] L'antenne élémentaire 12Tx comporte deux patchs 14Tx, 16Tx au moins partiellement superposés.

[0019] Chaque patch 14Tx, 16Tx est de forme circulaire.

[0020] Le premier patch 14Tx comporte une première couche métallisée 18Tx et une première couche isolante 20Tx, la première couche métallisée 18Tx étant agencée sur la couche isolante 20Tx.

[0021] La première couche métallisée 18Tx est de forme circulaire et présente un premier diamètre d1Tx.

[0022] La forme de la première couche métallisée 18Tx confère au premier patch 14Tx une forme circulaire.

[0023] Le deuxième patch 16Tx comporte également une deuxième couche métallisée 22Tx et une deuxième couche isolante 24Tx, la deuxième couche métallisée 22Tx étant agencée sur la deuxième couche isolante 24Tx.

[0024] La deuxième couche métallisée 22Tx comporte une partie circulaire 26Tx et deux accès 28Tx, 30Tx d'alimentation en courant.

[0025] La partie circulaire 26Tx est de forme circulaire

et présente un deuxième diamètre noté d2Tx. Le premier accès 28Tx comporte deux premiers tronçons 32Tx et 34Tx, un premier tronçon proximal 32Tx en contact avec la partie circulaire 26Tx et un premier tronçon distal 34Tx par rapport à la partie circulaire 26Tx.

[0026] Le premier tronçon proximal 32Tx est rectiligne et s'étend le long d'une direction dite première direction proximale. Le premier tronçon proximal 32Tx est normal par rapport à la portion de la partie circulaire 26Tx avec laquelle le premier tronçon proximal 32Tx est en contact.

[0027] Le premier tronçon distal 34Tx est rectiligne et s'étend dans le prolongement du tronçon proximal 32Tx le long d'une direction dite première direction distale. Les premières directions proximale et distale font un angle supérieur à 90° entre elles. De préférence, l'angle entre la première direction proximale et la première direction distale est compris entre 120° et 145°.

[0028] De même, le deuxième accès 30Tx comporte deux deuxième tronçons 38Tx et 40Tx, un deuxième tronçon proximal 38Tx en contact avec la partie circulaire 26Tx et un deuxième tronçon distal 40Tx par rapport à la partie circulaire 26Tx.

[0029] Le deuxième tronçon proximal 38Tx est rectiligne et s'étend le long d'une direction dite deuxième direction proximale. Le deuxième tronçon proximal 38Tx est normal par rapport à la portion de la partie circulaire 26Tx avec laquelle le deuxième tronçon proximal 38Tx est en contact.

[0030] Selon l'exemple de la figure 2, les deux directions proximales forment un angle entre elles inférieur à 180°. Ainsi, chaque accès 28Tx, 30Tx est dans un secteur angulaire présentant un angle par rapport au centre de la partie circulaire inférieur à 180°.

[0031] Autrement formulé, la distance entre les deux accès 28Tx et 30Tx est inférieure à $0,5 \cdot \lambda_0$ pour permettre la réalisation de la fonction de pointage par déphasage avec le moins de dégradation des lobes secondaires afin de rester compatibles des gabarits de normalisation. Préférentiellement, la distance entre les deux accès 28Tx et 30Tx est inférieure ou égale à $0,42 \cdot \lambda_0$.

[0032] Le deuxième tronçon distal 40Tx est rectiligne et s'étend dans le prolongement du deuxième tronçon proximal 38Tx le long d'une direction dite deuxième direction distale. Les deuxièmes directions proximale et distale font un angle supérieur à 90° entre elles. De préférence, l'angle entre la deuxième direction proximale et la deuxième direction distale est compris entre 120° et 145°.

[0033] La forme de la deuxième couche métallisée 22Tx confère au deuxième patch 16Tx une forme générale circulaire de sorte qu'il est considéré de manière simplifiée dans la suite que le deuxième patch 16Tx présente une forme circulaire.

[0034] Ainsi, notamment, il est considéré que le deuxième diamètre d2Tx de la partie circulaire 26Tx est le diamètre du deuxième patch 16Tx.

[0035] De préférence, le premier diamètre d1Tx et le deuxième diamètre d2Tx peuvent être identiques.

[0036] Les deux patchs 14Tx et 16Tx sont au moins partiellement superposés. Cela signifie que les deux patchs 14Tx et 16Tx sont au moins partiellement alignés le long d'une première direction Z.

[0037] Selon l'exemple particulier de la figure 2, les deux patchs 14Tx et 16Tx sont superposés. Cela signifie que la projection de la partie circulaire 26Tx sur le plan comprenant la première couche métallisée 18Tx est confondue avec la première couche métallisée 18Tx.

[0038] En outre, la partie circulaire 26Tx et la première couche métallisée 18Tx sont parallèles. Les deux patchs 14Tx et 16Tx sont ainsi espacés selon une première direction Z d'une distance notée ezTx.

[0039] De préférence, la distance ezTx d'espacement entre les deux patchs 14Tx et 16Tx le long de la première direction Z est comprise entre 0,5 millimètre (mm) et 2,0 mm. Avantageusement, la distance ezTx d'espacement entre les deux patchs 14Tx et 16Tx le long de la première direction Z est comprise entre 0,75 mm et 1,5 mm.

[0040] De manière connue en soi, la distance ezTx d'espacement entre les deux patchs 14Tx et 16Tx le long de la première direction Z, le diamètre d1Tx et d2Tx des patchs 14Tx et 16Tx permettent de déterminer la ou les fréquences à laquelle (ou auxquelles) l'antenne élémentaire 12Tx est propre à émettre.

[0041] L'antenne élémentaire 12Tx est dimensionnée pour émettre des fréquences comprises entre 27 GHz et 31 GHz (bande Tx). Cela signifie qu'une telle antenne élémentaire 12Tx présente des premier et deuxième diamètres d1Tx, d2Tx compris entre 2,5 mm et 4 mm. La borne supérieure correspond au produit de 0,4 par la longueur d'onde λ_0 que l'antenne élémentaire 12Tx est propre à émettre.

[0042] De manière alternative, au lieu d'une condition sur les diamètres d1Tx, d2Tx, il est imposé une contrainte sur la géométrie du deuxième patch 16Tx. Le deuxième patch 16Tx est alors inscriptible dans un rectangle dont l'extension exTx le long d'une deuxième direction X est comprise entre 4,0 mm et 4,4 mm et l'extension eyTx le long d'une troisième direction Y est comprise entre 3,8 mm et 4,2 mm. Les deux directions X et Y sont perpendiculaires entre elles et à la première direction Z.

[0043] Les performances de l'antenne élémentaire 12Tx pour l'émission sont maintenant décrites en référence aux figures 3 et 4.

[0044] Les figures 3 et 4 montrent que sur toute la bande d'intérêt (dans ce cas, il s'agit de la bande Tx), le taux d'ellipticité est relativement faible ainsi que le taux d'ondes stationnaires (noté pour simplifier par l'acronyme correspondant, à savoir TOS, dans toutes les figures dans lequel ce taux apparaît).

[0045] L'antenne élémentaire 12Tx présente donc une large bande, soit une bande supérieure à 5% autour de la fréquence centrale de fonctionnement, à polarisation circulaire et une très bonne efficacité de rayonnement (notamment le rapport axial pour une aussi petite antenne est meilleur que dans l'état de la technique et l'apodisation du diagramme de rayonnement pour l'onde émi-

se est facilitée lors de la mise en réseau).

[0046] Il est à noter que le mode de réalisation illustré, les deux patchs 14Tx et 16Tx sont agencés de sorte que la deuxième couche métallique 22Tx fait face à la première couche isolante 20Tx.

[0047] En variante, les deux patchs 14Tx et 16Tx sont agencés de sorte que la deuxième couche métallique 22Tx fait face à la première couche métallique 18Tx.

[0048] Il est également proposé un réseau 50Tx tel qu'illustré par la figure 5, comprenant une pluralité d'antennes élémentaires 12Tx pour l'émission.

[0049] Selon l'exemple particulier de la figure 5, le réseau 50Tx comprend vingt-quatre antennes élémentaires 12Tx.

[0050] De façon générale, une association d'un nombre plus important d'antennes élémentaires 12Tx est possible en fonction des dimensions globales et des performances souhaitées notamment au niveau gain du réseau 50Tx.

[0051] Chaque antenne élémentaire 12Tx de la figure 5 est identique à l'antenne élémentaire 12Tx décrite en référence à la figure 2.

[0052] En variante, certaines antennes sont différentes.

[0053] Les antennes élémentaires 12Tx sont agencées régulièrement le long d'une ligne formant ainsi le réseau 50Tx. En outre, les antennes élémentaires 12Tx sont connectées entre elles pour former le réseau 50Tx. La connexion se fait par l'intermédiaire de deux lignes rectilignes qui assurent l'alimentation du réseau unitaire. Le réseau 50Tx ainsi formé à l'émission possède deux accès qui permettent, en fonction de l'alimentation, de rayonner une onde électromagnétique dans la bande de fréquence souhaitée selon la polarisation circulaire désirée.

[0054] Dans l'exemple de la figure 5, le réseau 50Tx présente une extension ex2Tx le long de la deuxième direction X comprise entre 4 mm et 6 mm. De préférence, l'extension ex2Tx le long de la deuxième direction X est comprise entre 4,5 mm et 5,5 mm.

[0055] Dans l'exemple de la figure 5, le réseau 50Tx présente également une extension ey2Tx le long de la troisième direction Y comprise entre 160 mm et 190 mm. De préférence, l'extension ey2Tx le long de la troisième direction Y est comprise entre 165 mm et 185 mm.

[0056] En fonctionnement, chaque antenne élémentaire 12Tx du réseau 50Tx est alimentée par une onde électromagnétique. Chaque antenne élémentaire 12Tx capte le champ électrique issu de cette onde électromagnétique pour que le réseau 50Tx émette une onde dans la bande de fréquence souhaitée.

[0057] Les performances en termes de taux d'ellipticité et de taux d'ondes stationnaires et avantages octroyés par le réseau 50Tx sont similaires aux performances et avantages octroyés par l'antenne élémentaire 12Tx de la figure 2 ainsi que le montre l'étude des figures 6 et 7.

[0058] En outre, il apparaît sur la figure 8 que le réseau 50Tx présente un gain de l'ordre de 20 dB, ce qui témoi-

gne de la bonne efficacité de rayonnement de la structure antennaire au regard de ses dimensions, c'est-à-dire de l'extension ex_{2Tx} le long de la deuxième direction X et de l'extension ey_{2Tx} le long de la troisième direction Y.

[0059] La figure 9 illustre le panneau d'émission 13Tx de la figure 1. Les éléments identiques au mode de réalisation de la figure 5 ne sont pas décrits à nouveau. Seules les différences sont mises en évidence.

[0060] Le panneau d'émission 13Tx comporte huit réseaux 50Tx au lieu d'un seul réseau 50Tx.

[0061] De façon générale, une association d'un nombre plus important de réseaux 50Tx est possible en fonction des dimensions globales et des performances souhaitées notamment au niveau gain et ouverture de rayonnement.

[0062] En l'occurrence, le nombre d'antennes pour le réseau 50Tx est choisi en fonction d'une contrainte dimensionnelle appliquée le long de la troisième direction Y.

[0063] Chaque réseau 50Tx est parallèle aux autres réseaux 50Tx.

[0064] Les antennes élémentaires 12Tx sont agencées en quinconce. Un tel agencement permet de conserver les performances en terme de stabilité du taux d'ellipticité lors de la mise en réseau de la structure globale ainsi que lors de la réalisation du pointage par déphasage.

[0065] En outre, dans l'exemple de la figure 9, le panneau d'émission 13Tx présente une extension ex_{3Tx} le long de la deuxième direction X comprise entre 40 mm et 50 mm. De préférence, l'extension ex_{3Tx} le long de la deuxième direction X est comprise entre 45 mm et 48 mm. L'extension ex_{3Tx} le long de la deuxième direction X est liée au nombre d'antennes réseaux 50Tx considéré. Dans le cas présenté sur la figure 9, l'extension ex_{3Tx} le long de la deuxième direction X correspond à environ neuf fois la taille d'une antenne élémentaire.

[0066] Dans l'exemple de la figure 9, le panneau d'émission 13Tx présente également une extension ey_{3Tx} le long de la troisième direction Y comprise entre 160 mm et 190 mm. De préférence, l'extension ey_{3Tx} le long de la troisième direction Y est comprise entre 165 mm et 185 mm. L'extension ey_{3Tx} le long de la troisième direction Y est liée au nombre d'antennes élémentaires 12Tx considéré.

[0067] Les performances en termes de taux d'ellipticité et avantages octroyés par le panneau d'émission 13Tx sont similaires aux performances et avantages octroyés par l'antenne élémentaire 12Tx de la figure 2 ainsi que le montre l'étude de la figure 12.

[0068] En outre, il apparaît sur les figures 10 et 11 que le panneau d'émission 13Tx présente un gain de l'ordre de 28 dB, ce qui correspond à une structure antennaire compacte efficace à la fréquence de fonctionnement considérée.

[0069] De plus, lorsqu'un dépointage est effectué, il peut être montré par comparaison notamment des figures 11 et 13 que le gain de 26 dB est obtenu dans une

direction relativement éloignée déterminée par un angle d'azimut de 30°. Le panneau d'émission 13Tx proposé est donc robuste au dépointage avec de très faible remontée des lobes secondaires.

[0070] Dans la suite, la structure du panneau de réception 13Rx de la figure 1 est détaillée en décrivant successivement une antenne élémentaire 12Rx pour la réception (figures 14 à 16), une ligne comportant une pluralité d'antennes élémentaires 12Rx pour la réception (figures 17 à 20) puis le panneau de réception 13Rx lui-même (figures 21 à 24).

[0071] La figure 14 illustre une antenne élémentaire 12Rx pour la réception. Les éléments identiques à l'antenne élémentaire 12Tx pour l'émission de la figure 2 ne sont pas décrits à nouveau. Seules les différences sont mises en évidence.

[0072] Les signes de références des éléments de l'antenne élémentaire 12Rx pour la réception sont suivis d'un suffixe Rx au lieu du suffixe Tx pour les éléments correspondants de l'antenne élémentaire 12Tx.

[0073] Une antenne élémentaire 12Rx pour la réception est représentée sur la figure 14. Cela implique que l'antenne élémentaire 12Rx est propre à recevoir une onde électromagnétique dont la longueur d'onde est notée λ_0 , cette longueur d'onde λ_0 correspondant à une fréquence comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz.

[0074] Aussi, l'antenne élémentaire 12Rx est dimensionnée pour recevoir des fréquences comprises entre 17,3 GHz et 21,2 GHz (bande Rx). Cela signifie qu'une telle antenne élémentaire 12Rx présente des premier et deuxième diamètres d_{1Rx} , d_{2Rx} compris entre 4,5 mm et 7 mm.

[0075] De manière alternative, au lieu d'une condition sur les diamètres d_{1Rx} , d_{2Rx} , il est imposé une contrainte sur le deuxième patch 16Rx. Le deuxième patch 16Rx est alors inscriptible dans un rectangle dont l'extension ex_{Rx} le long de la deuxième direction X est comprise entre 6,6 mm et 7,0 mm et l'extension ey_{Rx} le long de la troisième direction Y est comprise entre 6,0 mm et 6,4 mm.

[0076] Les performances de l'antenne élémentaire 12Rx pour la réception sont maintenant décrites en référence aux figures 15 et 16.

[0077] Les performances et avantages octroyés par l'antenne élémentaire 12Rx pour la réception sont similaires aux performances et avantages octroyés par l'antenne élémentaire 12Tx pour l'émission ainsi que le montre l'étude des figures 15 et 16.

[0078] La figure 17 illustre un réseau 50Rx pour la réception selon l'invention. Selon l'exemple particulier de la figure 17, le réseau 50Rx comprend dix-huit antennes élémentaires 12Rx.

[0079] De façon générale, une association d'un nombre plus important d'antennes élémentaires 12Rx est possible en fonction des dimensions globales et des performances souhaitées notamment au niveau gain du réseau 50Rx.

[0080] En l'occurrence, le nombre d'antennes pour le

réseau 50Rx est choisi en fonction d'une contrainte dimensionnelle appliquée le long de la troisième direction Y.

[0081] Chaque antenne élémentaire 12Rx de la figure 17 est identique à l'antenne élémentaire 12Rx décrite en référence à la figure 14.

[0082] En variante, certaines antennes sont différentes.

[0083] Les antennes élémentaires 12Rx sont agencées régulièrement le long d'une ligne formant ainsi le réseau 50Rx. En outre, les antennes élémentaires 12Rx sont connectées entre elles pour former le réseau 50Rx. La connexion se fait par l'intermédiaire d'une ligne rectiligne qui assure l'alimentation du réseau unitaire. Le réseau 50Rx ainsi formé à la réception possède deux accès qui permettent, en fonction de l'alimentation, de recevoir une onde électromagnétique dans la bande de fréquence souhaitée selon la polarisation circulaire désirée.

[0084] Dans l'exemple de la figure 17, le réseau 50Rx présente une extension ex2Rx le long de la deuxième direction X comprise entre 6 mm et 8,5 mm. De préférence, l'extension ex2Rx le long de la deuxième direction X est comprise entre 7,6 mm et 8,0 mm.

[0085] Dans l'exemple de la figure 17, le réseau 50Rx présente également une extension ey2Rx le long de la troisième direction Y comprise entre 180 mm et 200 mm. De préférence, l'extension ey2Rx le long de la troisième direction Y est comprise entre 185 mm et 195 mm. L'extension ey2Rx le long de la troisième direction Y est liée au nombre d'antennes élémentaire 12Rx considéré.

[0086] Les performances en termes de taux d'ellipticité et de taux d'ondes stationnaires octroyés par le réseau 50Rx sont similaires aux performances et avantages octroyés par l'antenne élémentaire 12Rx selon l'exemple de la figure 14 ainsi que le montre l'étude des figures 18 et 19.

[0087] En outre, il apparaît sur la figure 20 que le réseau 50Rx présente un gain de l'ordre de 18 dB, ce qui correspond à une structure antennaire compacte efficace à la fréquence de fonctionnement considérée.

[0088] La figure 21 illustre le panneau de réception 13Rx de la figure 1. Les éléments identiques au mode de réalisation de la figure 17 ne sont pas décrits à nouveau. Seules les différences sont mises en évidence.

[0089] Le panneau de réception 13Rx comporte huit réseaux 50Rx au lieu d'un seul réseau 50Rx.

[0090] De façon générale, une association d'un nombre plus important de réseaux 50Rx est possible en fonction des dimensions globales et des performances souhaitées notamment au niveau gain et ouverture de rayonnement.

[0091] Chaque réseau 50Rx est parallèle aux autres réseaux 50Rx.

[0092] Les antennes élémentaires 12Rx sont agencées en quinconce. Un tel agencement permet de conserver les performances en terme de stabilité du taux d'ellipticité lors de la mise en réseau de la structure glo-

bale ainsi que la réalisation du pointage par déphasage.

[0093] En outre, dans l'exemple de la figure 21, le panneau de réception 13Rx présente une extension ex3Rx le long de la deuxième direction X comprise entre 60 mm et 80 mm. De préférence, l'extension ex3Rx le long de la deuxième direction X est comprise entre 65 mm et 75 mm. L'extension ex3Rx le long de la deuxième direction X est liée au nombre de réseaux 50Tx considéré.

[0094] Dans l'exemple de la figure 21, le panneau de réception 13Rx présente également une extension ey3Rx le long de la troisième direction Y comprise entre 190 mm et 210 mm. De préférence, l'extension ey3Rx le long de la troisième direction Y est comprise entre 195 mm et 205 mm. L'extension ey3Rx le long de la troisième direction Y est liée au nombre d'antennes élémentaires 12Tx considéré.

[0095] Les performances en termes de taux d'ellipticité et de gain et avantages octroyés par le panneau de réception 13Rx sont similaires aux performances et avantages octroyés par le réseau 50Rx de la figure 17 ainsi que le montre l'étude des figures 22 à 24.

[0096] Dans tous les modes de réalisation, du fait que l'antenne élémentaire 12 est large bande, de polarisation circulaire et présente une bonne efficacité de rayonnement, la structure antennaire 10 présente un encombrement réduit ainsi qu'un poids réduit par rapport aux structures antennaires de l'état de la technique pour des performances en terme de rayonnement identiques. Ce poids réduit permet de réduire les contraintes notamment dans le cas où l'antenne complète est accompagnée d'un positionneur mécanique.

[0097] De plus, la réalisation de cette structure antennaire 10 sur un substrat simple couche permet aisément d'insérer du côté arrière au niveau plan de masse, avec le moins de contrainte et d'impact sur les performances de rayonnement, les dispositifs de coupleur, alimentation et déphasage pour assurer le contrôle et choix de polarisation ainsi que de loi de phase et d'amplitude permettant d'orienter le diagramme de rayonnement dans la direction souhaitée en configuration de balayage électronique.

[0098] La structure antennaire 10 est également capable d'émettre ou recevoir des ondes électromagnétiques polarisées circulairement sans utilisation d'un polariseur additionnel. Cette meilleure compacité s'accompagne d'un gain en légèreté et d'un gain en performance de rayonnement sur une large bande de fréquence compatibles avec l'application visée. En outre, la structure antennaire 10 est de réalisation aisée et peut être fabriquée à bas coût.

[0099] Ainsi, la structure antennaire 10 proposée est utilisable pour des applications de télécommunications entre deux stations, notamment par satellite. Il est à noter que dans ce cas, le diagramme de rayonnement de la structure antennaire 10 ainsi réalisée est conforme aux gabarits spécifiés pour être utilisé avec certains satellites.

[0100] Une telle structure antennaire 10 est avanta-

geusement utilisable dans une plateforme, notamment aérienne de type hélicoptère ou drone. Dans le cadre de cette utilisation, la compacité de la structure antennaire 10 permet de réduire les contraintes sur les implantations d'équipements dans la plateforme.

[0101] La structure antennaire 10 présentée en référence à la figure 1 est un exemple de structure antennaire 10 présentant les propriétés de compacité décrites précédemment. D'autres structures antennaires 10 similaires sont également envisageables, notamment avec un nombre d'antennes élémentaires de réception 12Rx et/ou d'émission 12Tx différents et un agencement différent de celles-ci.

[0102] Ces différentes structures antennaires 10 sont des structures antennaires pour télécommunications, en particulier satellitaire, présentant un encombrement réduit en terme de profondeur et des capacités de pointage en utilisant un principe de balayage électronique tout en permettant l'obtention d'une communication haut débit de bonne qualité, notamment en termes de gain, de taux d'ellipticité et de lobes secondaires compatibles des gabarits normatifs.

Revendications

1. Structure antennaire (10) pour télécommunications, notamment par satellite, comportant :

- une surface d'émission (11Tx) comprenant au moins un ensemble d'une pluralité d'antennes élémentaires d'émission (12Tx) formant un réseau (50Tx), au moins une antenne élémentaire d'émission (12Tx) comportant deux patches (14Tx, 16Tx) de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, ladite au moins une antenne élémentaire d'émission (12Tx) étant dimensionnée pour émettre au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 27 GHz et 31 GHz, et
- une surface de réception (11 Rx) comprenant au moins un ensemble d'une pluralité d'antennes élémentaires de réception (12Rx) formant un réseau (50Rx), au moins une antenne élémentaire de réception (12Rx) comportant deux patches (14Rx, 16Rx) de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, ladite au moins une antenne élémentaire de réception (12Rx) étant dimensionnée pour recevoir au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz.

2. Structure antennaire selon la revendication 1, dans laquelle :

- chaque patch (14Tx, 16Tx) de ladite au moins

une antenne élémentaire d'émission (12Tx) présente un centre, ladite antenne élémentaire d'émission (12Tx) comportant deux accès (28Tx, 30Tx) d'alimentation propres à alimenter un des deux patches (14Tx, 16Tx), chaque accès (28Tx, 30Tx) étant dans un secteur angulaire présentant un angle par rapport au centre du patch (14Tx, 16Tx) alimenté inférieur à 180°, et/ou

- chaque patch (14Rx, 16Rx) de ladite au moins une antenne élémentaire de réception (12Rx) présente un centre, ladite antenne élémentaire de réception (12Rx) comportant deux accès (28Rx, 30Rx) d'alimentation propres à alimenter un des deux patches (14Rx, 16Rx), chaque accès (28Rx, 30Rx) étant dans un secteur angulaire présentant un angle par rapport au centre du patch (14Rx, 16Rx) alimenté inférieur à 180°.

3. Structure antennaire selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle :

- les deux patches (14Tx, 16Tx) de ladite au moins une antenne élémentaire d'émission (12Tx) sont espacés selon une première direction (Z) d'une distance (ezTx) comprise entre 0,5 millimètre (mm) et 2,0 mm, et/ou
- les deux patches (14Rx, 16Rx) de ladite au moins une antenne élémentaire de réception (12Rx) sont espacés selon une première direction (Z) d'une distance (ezRx) comprise entre 0,5 millimètre (mm) et 2,0 mm.

4. Structure antennaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle :

- les deux patches (14Tx, 16Tx) de ladite au moins une antenne élémentaire d'émission (12Tx) sont espacés selon une première direction (Z) d'une distance (ezTx) comprise entre 0,75 millimètre (mm) et 1,5 mm, et/ou
- les deux patches (14Rx, 16Rx) de ladite au moins une antenne élémentaire de réception (12Rx) sont espacés selon une première direction (Z) d'une distance (ezRx) comprise entre 0,75 millimètre (mm) et 1,5 mm.

5. Structure antennaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle :

- les diamètres (d1Tx, d2Tx) des deux patches (14Tx, 16Tx) de ladite au moins une antenne élémentaire d'émission (12Tx) sont identiques, et/ou
- les diamètres (d1 Rx, d2Rx) des deux patches (14Rx, 16Rx) de ladite au moins une antenne élémentaire de réception (12Rx) sont identiques.

6. Structure antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle :
- les antennes élémentaires d'émission (12Tx) de la structure antenne (10) comportent toutes deux patchs (14Tx, 16Tx) de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, chaque antenne élémentaire d'émission (12Tx) étant dimensionnée pour émettre au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 27 GHz et 31 GHz, et/ou
 - les antennes élémentaires de réception (12Rx) de la structure antenne (10) comportent toutes deux patchs (14Rx, 16Rx) de forme générale circulaire au moins partiellement superposés, chaque antenne élémentaire de réception (12Rx) étant dimensionnée pour recevoir au moins une onde électromagnétique présentant une fréquence comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz.
- (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, et
- une étape de réception d'ondes électromagnétiques présentant une fréquence comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz par une structure antenne (10) l'une quelconque des revendications 1 à 8.
7. Structure antenne selon la revendication 1 à 6, dans laquelle les antennes élémentaires d'émission (12Tx) et les antennes élémentaires de réception (12Rx) sont agencées en quinconce.
8. Structure antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle :
- la surface d'émission (11Tx) est de forme générale rectangulaire et comprend au moins deux ensembles d'une pluralité d'antennes élémentaires d'émission (12Tx) formant chacun un réseau (50Tx), les antennes élémentaires d'émission (12Tx) de chaque ensemble (50Tx) étant le long d'une ligne propre de cet ensemble, chaque ligne étant parallèle aux autres lignes propres, et/ou
 - la surface de réception (11 Rx) est de forme générale rectangulaire et comprend au moins deux ensembles d'une pluralité d'antennes élémentaires de réception (12Rx) formant chacun un réseau (50Rx), les antennes élémentaires de réception (12Rx) de chaque ensemble étant le long d'une ligne propre de cet ensemble, chaque ligne étant parallèle aux autres lignes propres.
9. Plateforme, notamment aérienne, comprenant au moins une structure antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
10. Procédé de télécommunication, notamment par satellite, entre deux stations comprenant au moins l'une des étapes suivantes :
- une étape d'émission d'ondes électromagnétiques présentant une fréquence comprise entre 27 GHz et 31 GHz par une structure antenne

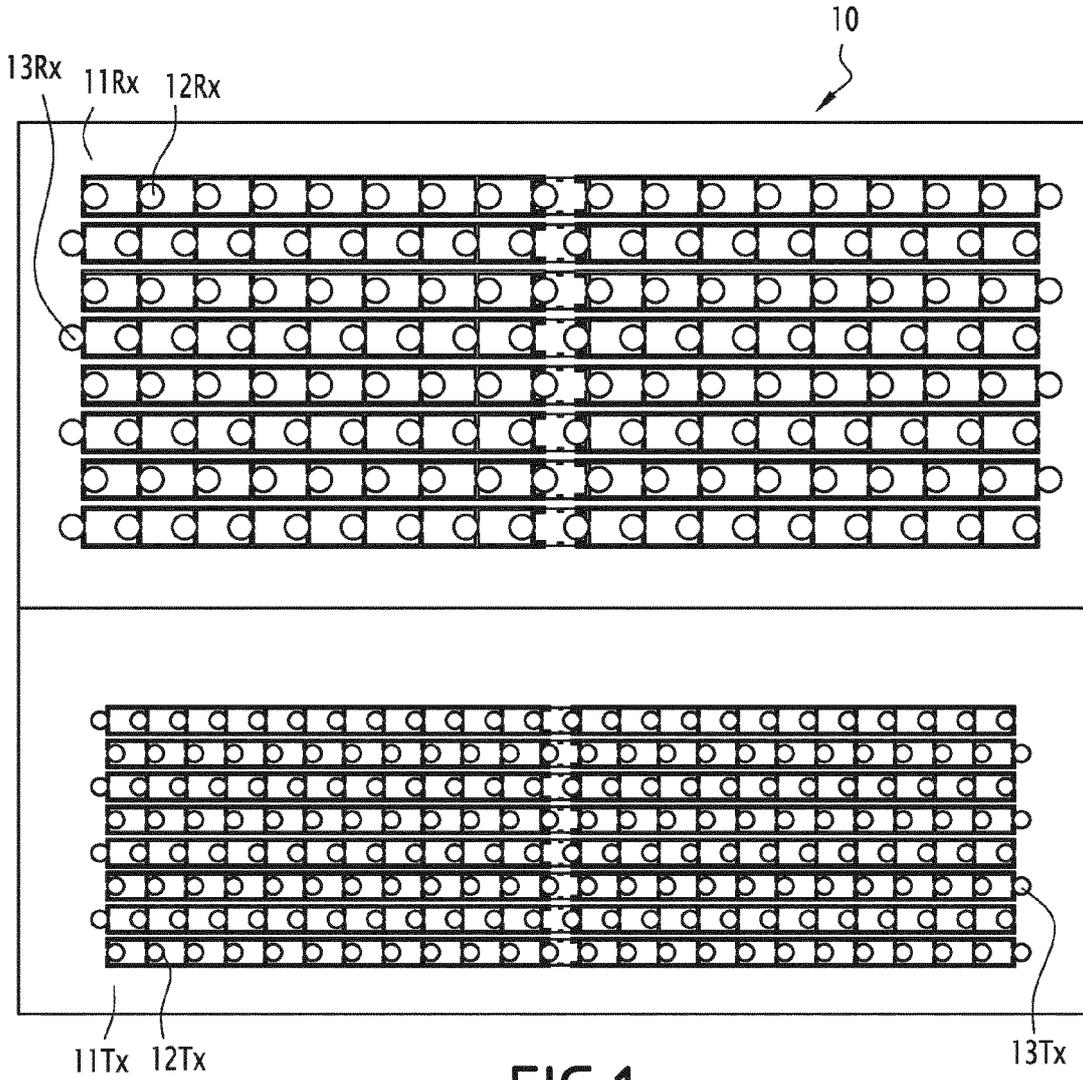


FIG. 1

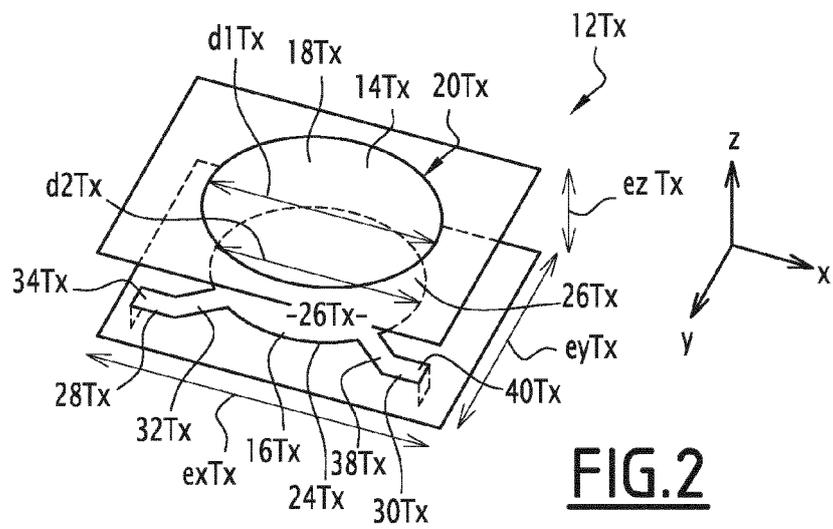


FIG. 2

FIG.3

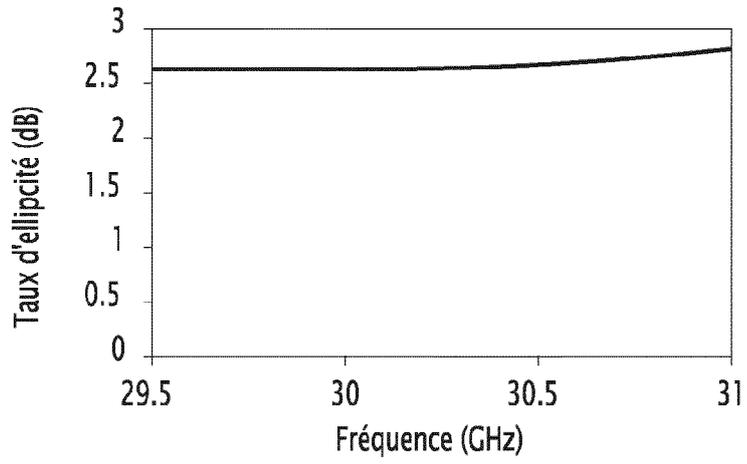


FIG.4

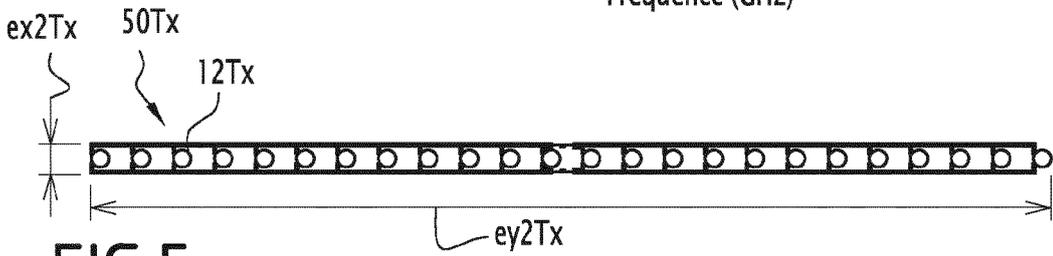
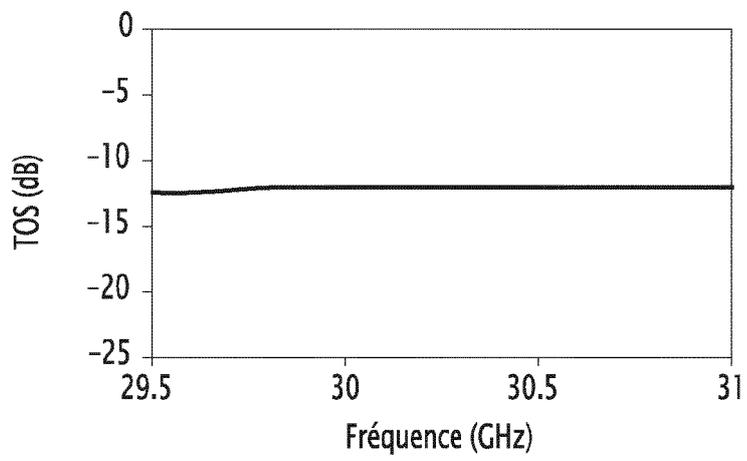


FIG.5

FIG.6

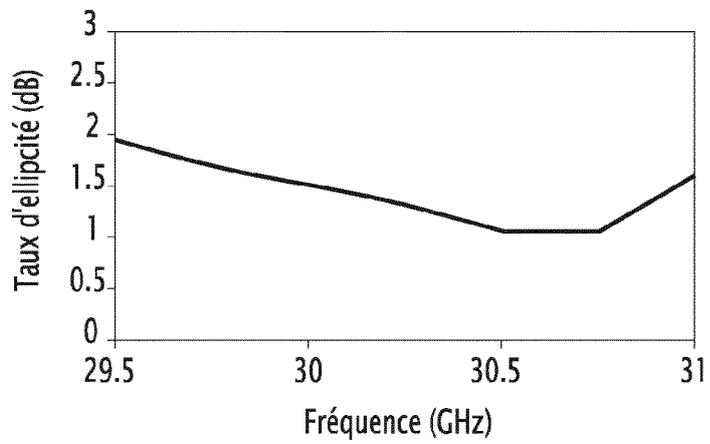


FIG.7

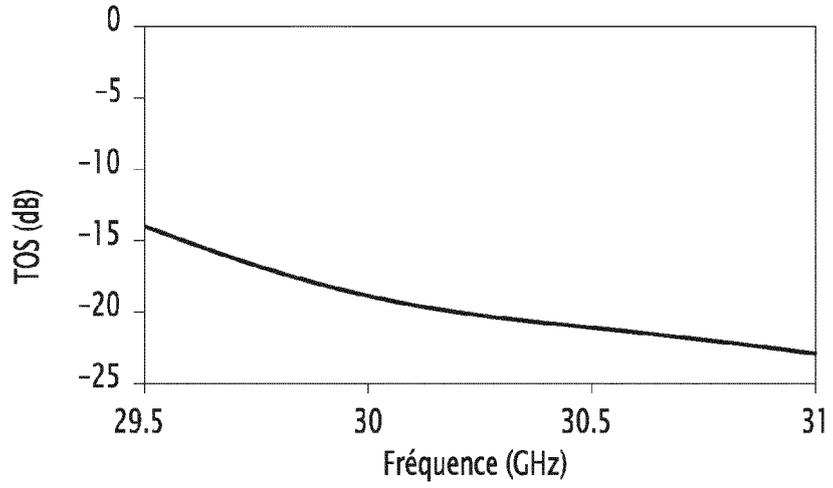


FIG.8

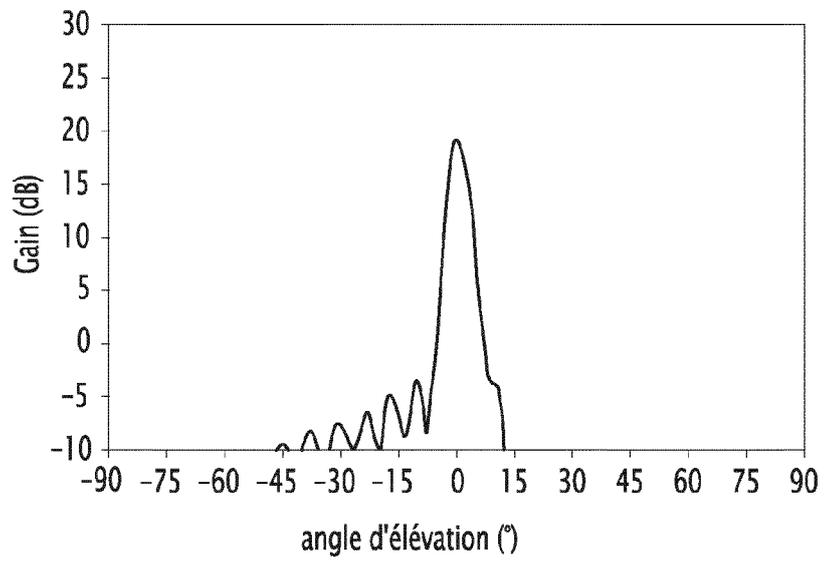
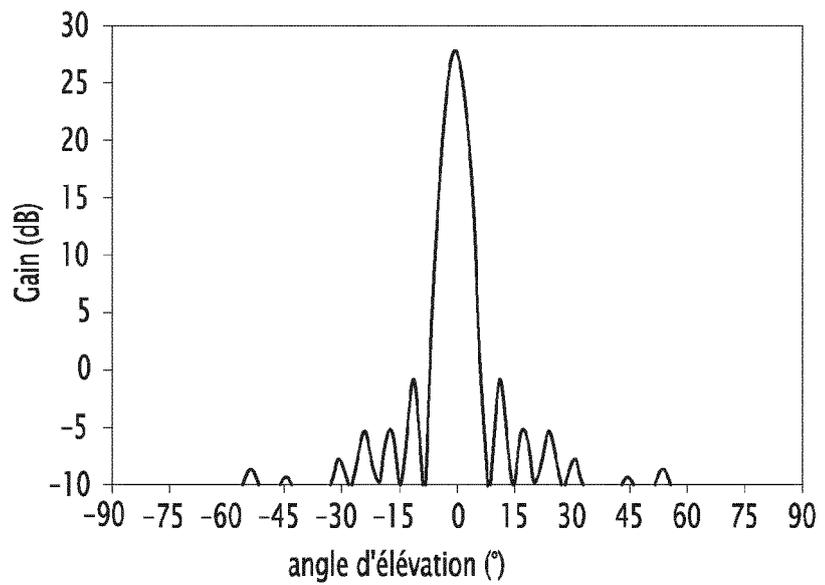


FIG.10



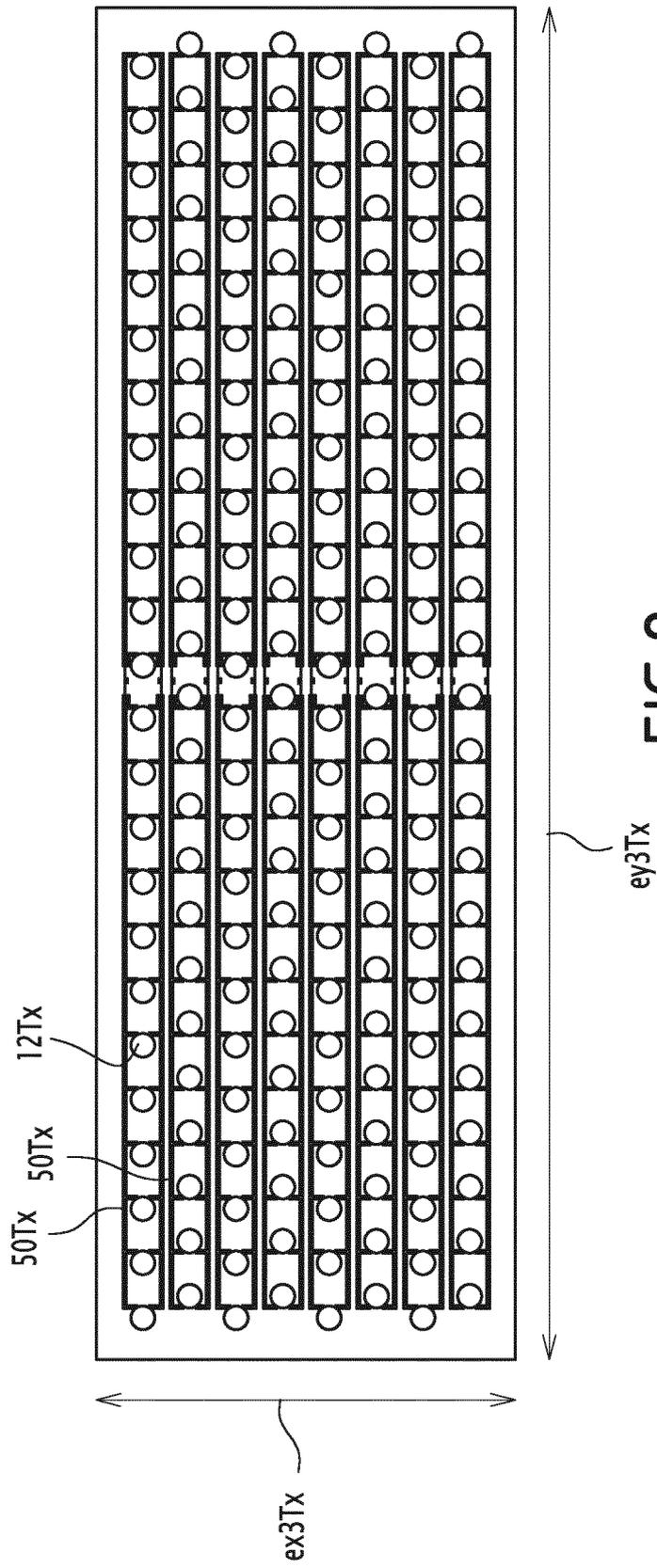


FIG.9

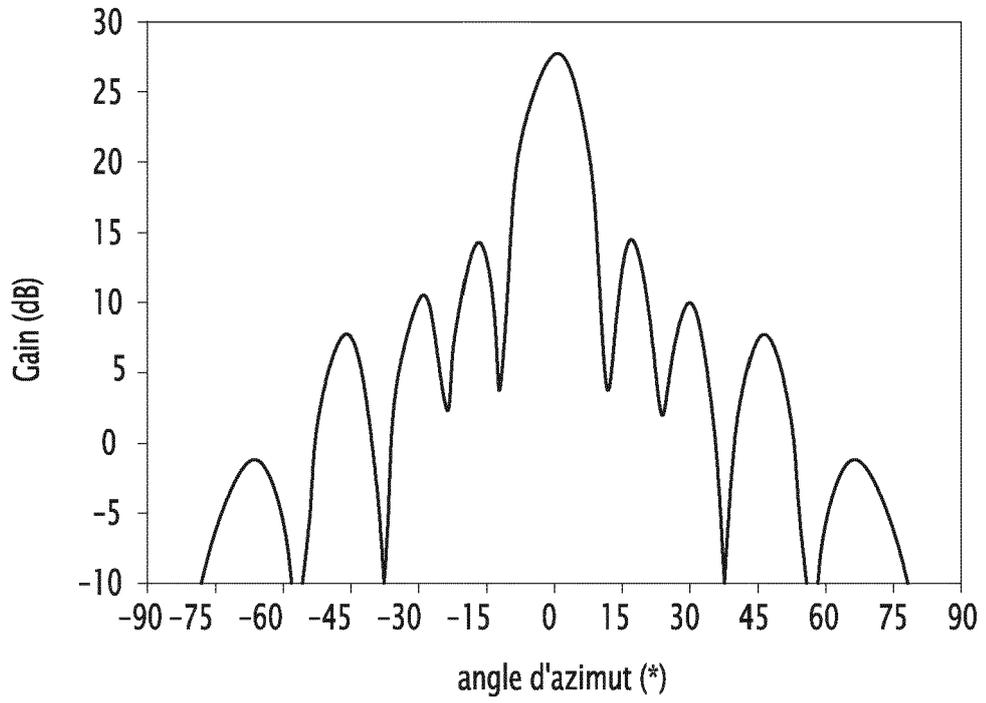
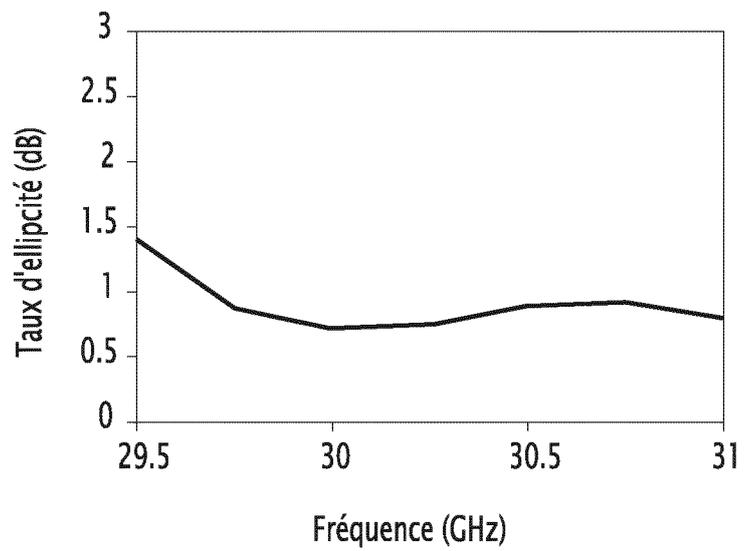


FIG.11

FIG.12



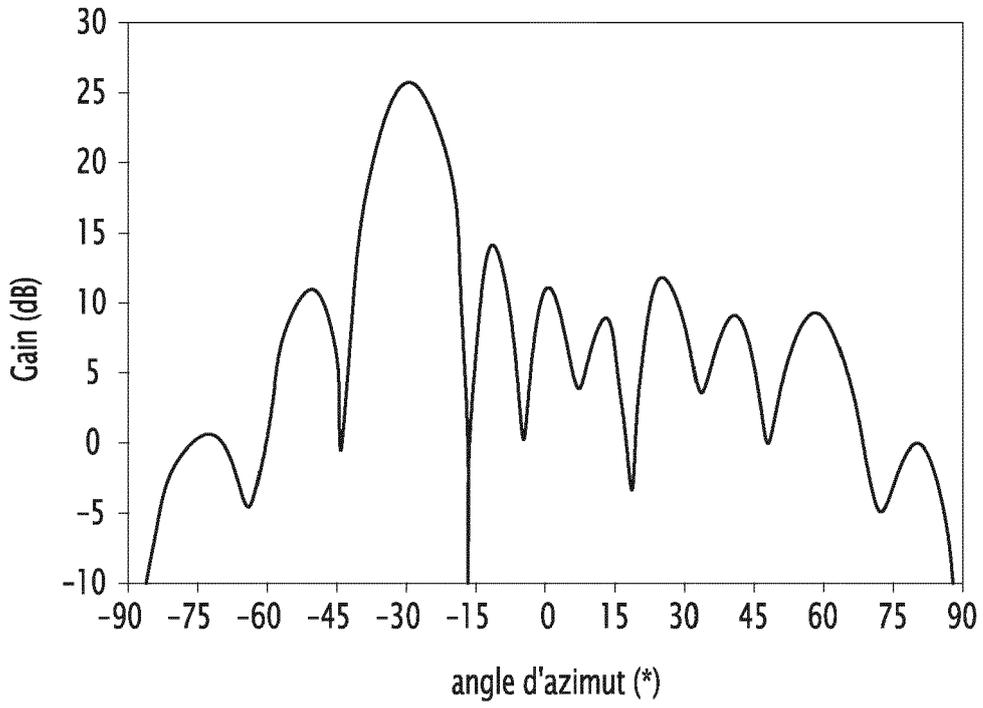


FIG.13

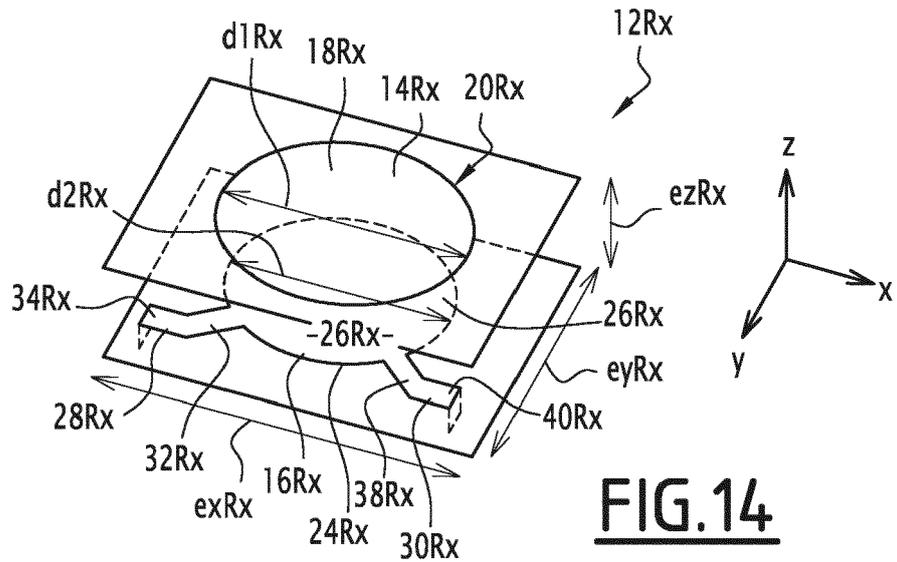


FIG.14

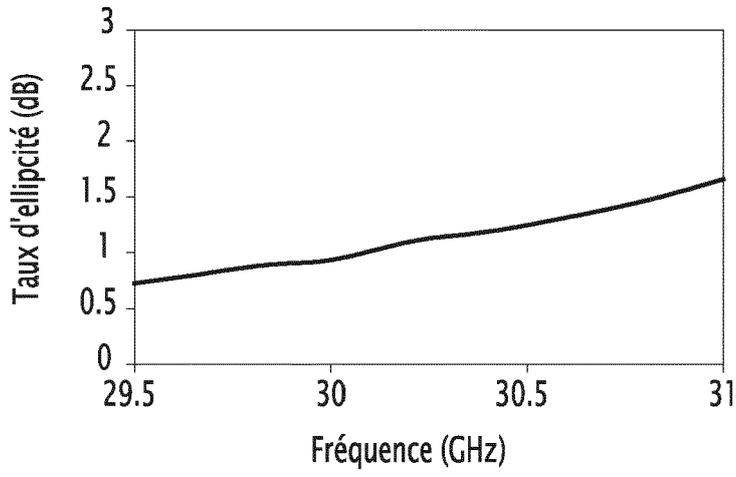


FIG.15

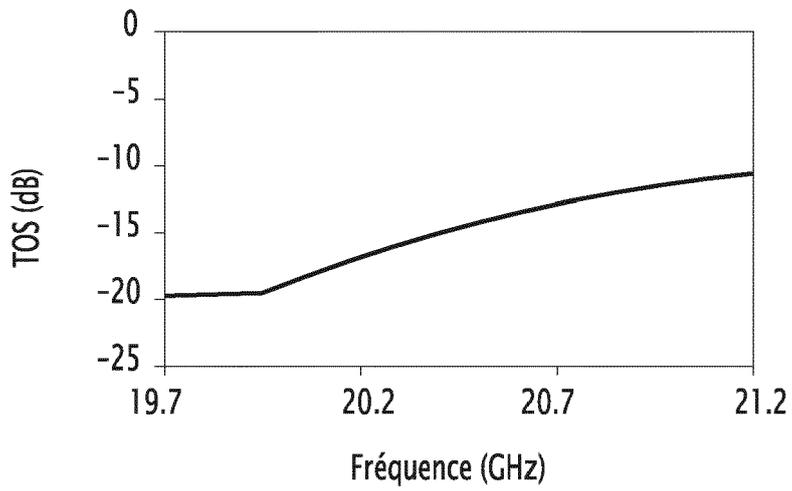


FIG.16

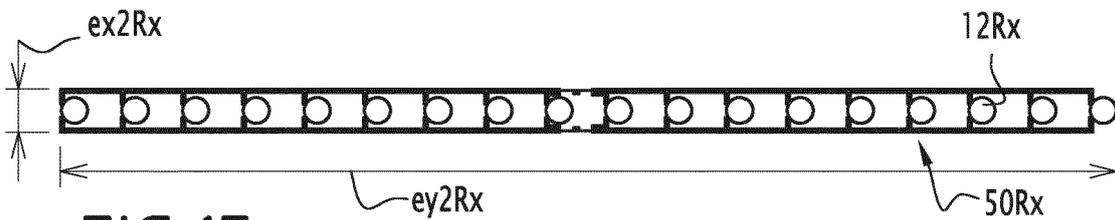


FIG.17

FIG.18

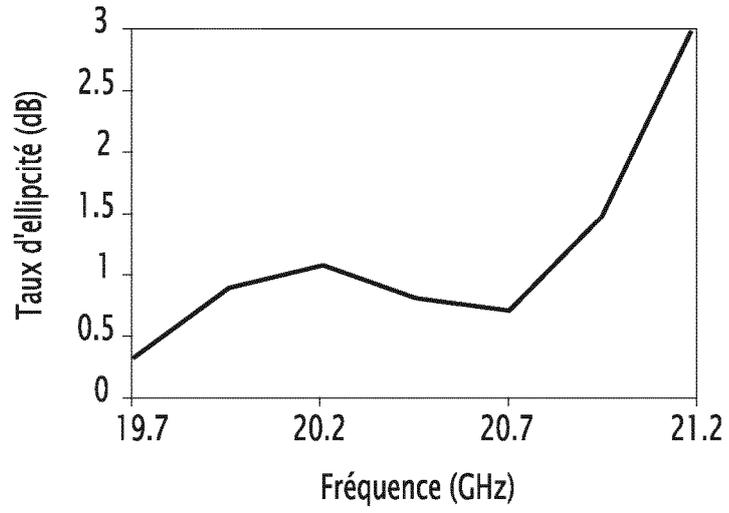


FIG.19

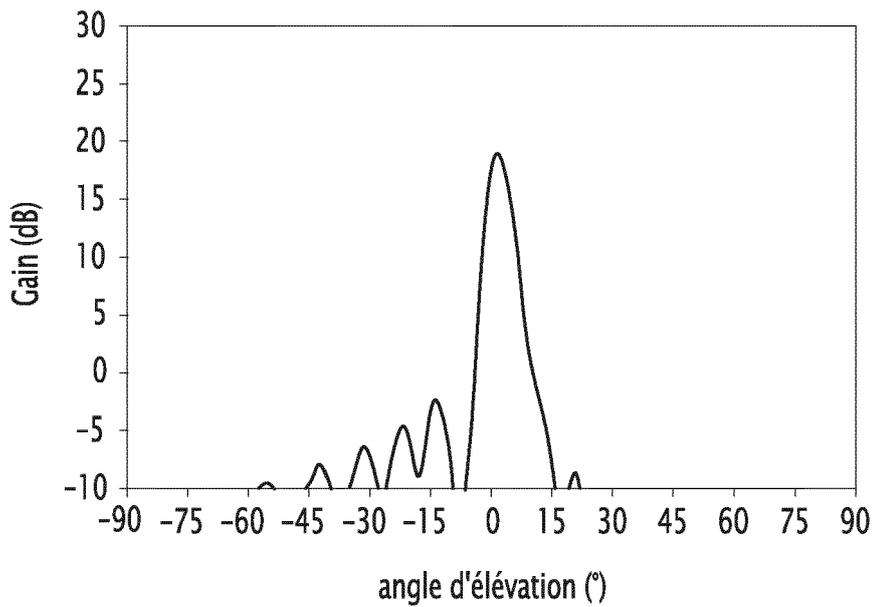
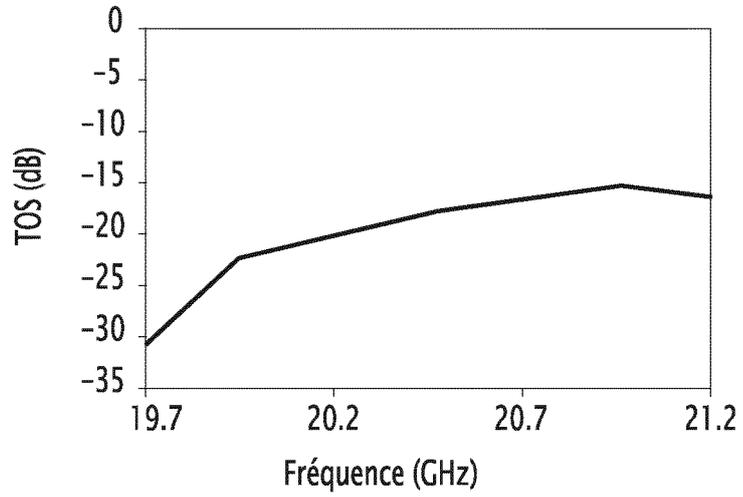


FIG.20

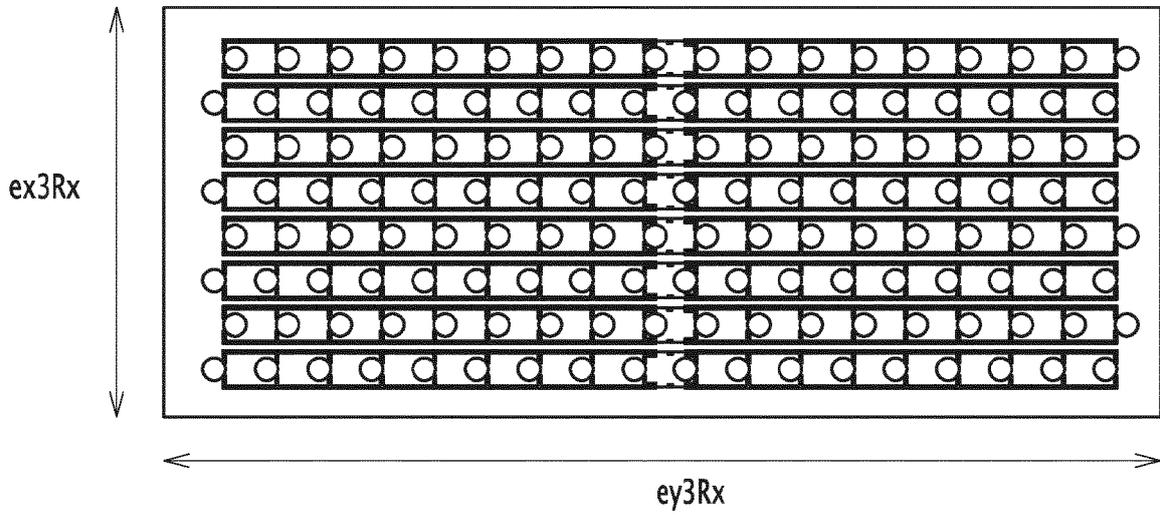


FIG.21

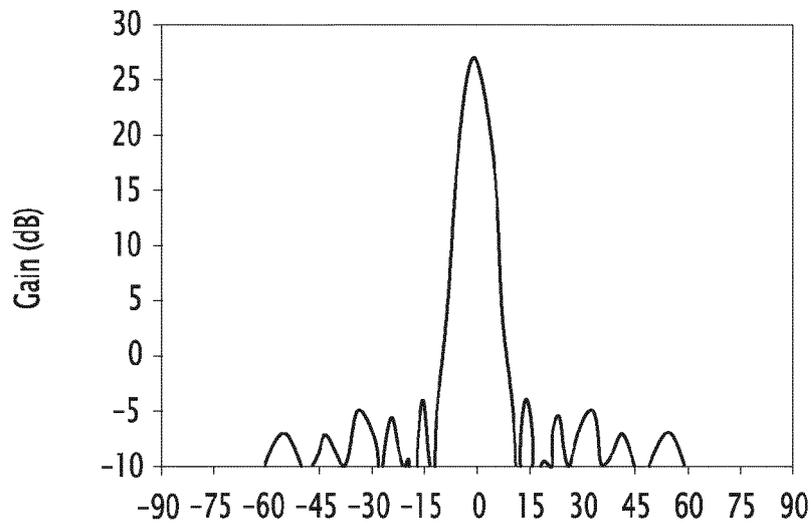


FIG.22

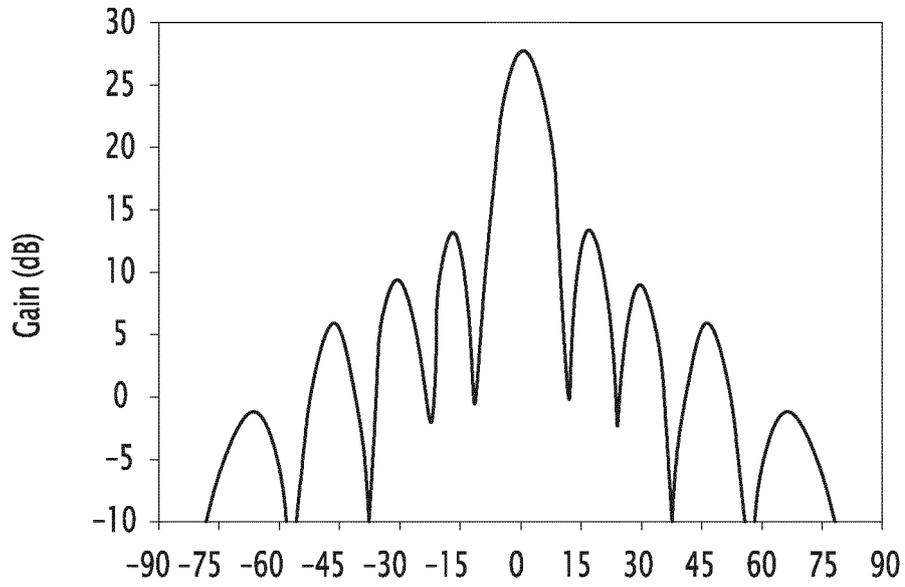


FIG.23

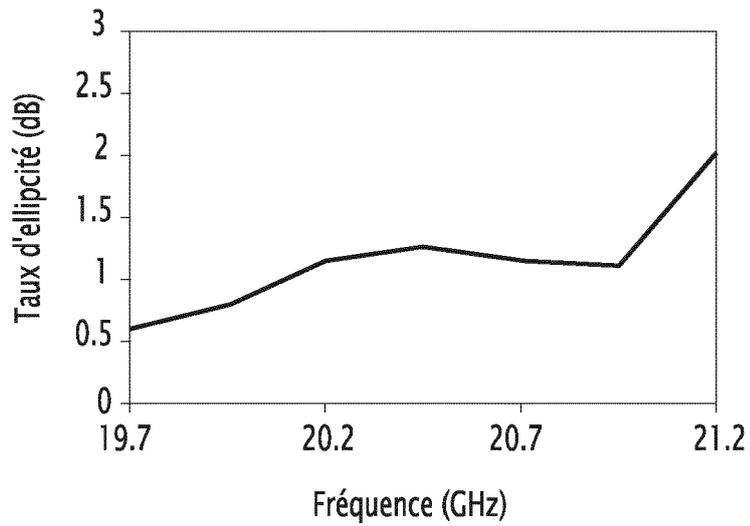


FIG.24



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 14 20 0359

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	US 6 441 800 B1 (CHAN RONALD Y [US] ET AL) 27 août 2002 (2002-08-27) * colonne 2 - colonne 3; figure 1 * -----	1-10	INV. H01Q1/28 H01Q5/378 H01Q9/04 H01Q21/06
Y	DANIEL J P ET AL: "Research on planar antennas and arrays: 'structures Rayonnantes'", IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 35, no. 1, 1 février 1993 (1993-02-01), pages 14-38, XP011419857, ISSN: 1045-9243, DOI: 10.1109/74.210827 * alinéa [02.1]; figure 2b * -----	1-10	
Y	SMITH D ET AL: "Dual Polarised Microstrip Antenna Design for a Polarisation Shift Keying Microwave Transponder", MICROWAVE CONFERENCE, 1989. 19TH EUROPEAN, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 4 septembre 1989 (1989-09-04), pages 149-154, XP031603282, * figure 1a * -----	2	
Y	SHENG YE ET AL: "High-Gain Planar Antenna Arrays for Mobile Satellite Communications [Antenna Applications Corner]", IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 54, no. 6, 1 décembre 2012 (2012-12-01), pages 256-268, XP011494274, ISSN: 1045-9243, DOI: 10.1109/MAP.2012.6387841 * alinéa [02.1]; figure 1; tableau 1 * ----- -/--	5	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 28 avril 2015	Examineur Ribbe, Jonas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 14 20 0359

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	GARCIÏ A-AGUILAR A ET AL: "Printed antenna for satellite communications", PHASED ARRAY SYSTEMS AND TECHNOLOGY (ARRAY), 2010 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 12 octobre 2010 (2010-10-12), pages 529-535, XP031828623, ISBN: 978-1-4244-5127-2 * le document en entier * -----	1,10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 28 avril 2015	Examineur Ribbe, Jonas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03/02 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 14 20 0359

5

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 28-04-2015.
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

28-04-2015

10

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6441800	B1	AUCUN	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82