

(19)



(11)

EP 3 506 426 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
03.07.2019 Bulletin 2019/27

(51) Int Cl.:
H01Q 3/32 (2006.01) **H01Q 21/00** (2006.01)
H01Q 3/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18215894.9**

(22) Date de dépôt: **26.12.2018**

(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
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **TCHOFFO TALOM, Friedman**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)
• **BOIN, Bertrand**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)
• **FONDI DE NIORT, Guillaume**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)

(30) Priorité: **26.12.2017 FR 1701365**

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(71) Demandeur: **Thales**
92400 Courbevoie (FR)

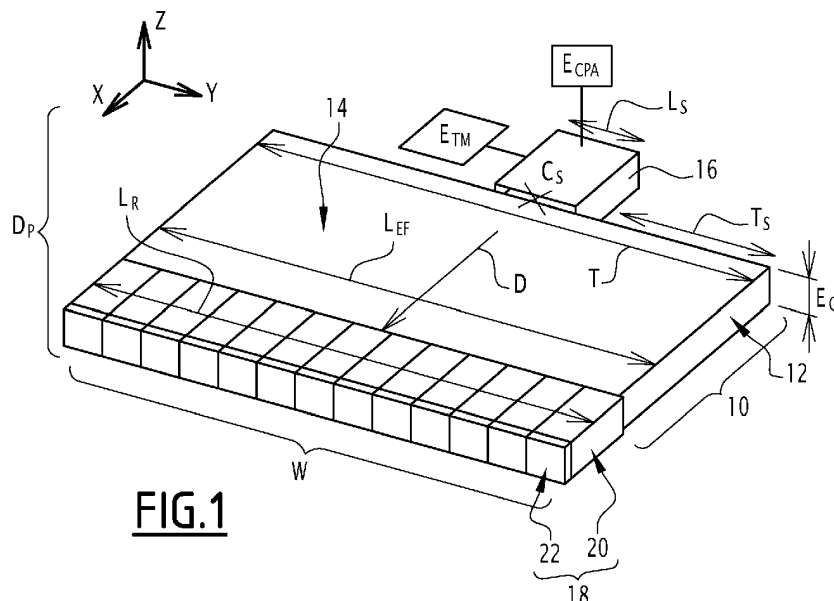
(54) **DISPOSITIF DE POINTAGE DE FAISCEAU POUR SYSTEME ANTENNAIRE, SYSTEME ANTENNAIRE ET PLATEFORME ASSOCIES**

(57) L'invention concerne un dispositif (D_P) de pointage de faisceau pour système antenne de télécommunications, le dispositif comprenant :

- au moins une source (16) d'alimentation propre à générer des ondes radiofréquences,
- un formateur (10) de faisceaux quasi-optique planaire dont l'entrée est propre à être alimentée par ladite au moins une source et dont la sortie est propre à alimenter un réseau d'éléments rayonnants (18),

- ledit réseau d'éléments rayonnants (18),

le dispositif (D_P) comprenant en outre au moins un élément (E_{TM}) de translation mécanique propre à déplacer, l'un par rapport à l'autre, ladite au moins une source (16) d'alimentation et au moins un élément focalisant (14) du dit formateur de faisceaux quasi-optique (10) planaire selon un mouvement de translation (T) perpendiculaire à la direction (D) d'alimentation du réseau d'éléments rayonnants (18) par la source (16).

**FIG.1****EP 3 506 426 A1**

Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif de pointage de faisceau pour système antenne de télécommunications, notamment satellitaires, et de préférence dans la bande Ka. L'invention se rapporte aussi à un système antenne comportant un tel un dispositif de pointage de faisceau, une plateforme, notamment terrestre, aérienne ou spatiale, comportant au moins un système antenne précité, et un procédé de télécommunication entre deux stations utilisant le système antenne précité.

[0002] Dans le domaine des communications satellitaires, l'obtention d'une communication de bonne qualité implique des performances pour les ondes électromagnétiques produites par le système antenne utilisé dans la communication en termes de gain et de niveau des lobes secondaires (rapport entre l'intensité des lobes secondaires et l'intensité du lobe principal).

[0003] Dans le cas particulier de la bande électromagnétique Ka, deux bandes de fréquences distinctes sont impliquées. En effet, en émission, les ondes électromagnétiques de la bande Ka ont une fréquence comprise entre 27,5 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. 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 le système antenne.

[0005] Pour réduire la signature visuelle (l'encombrement physique), les solutions de type antenne parabolique ne sont généralement pas privilégiées notamment en contexte terrestre ou aérien.

[0006] De plus, dans le contexte de liaison satellitaire, il convient d'orienter en temps réel l'antenne afin de pointer en permanence le satellite permettant d'établir la liaison.

[0007] Pour obtenir un tel balayage électronique multi directionnel, dans un contexte d'intégration plateforme, notamment terrestre, aérienne ou satellitaire, il est connu de mettre en oeuvre un système motorisé de déplacement du système antenne selon un axe mécanique en azimut ou en élévation, par exemple au moyen d'un plateau tournant, fixé à la plateforme. Cependant, un tel système antenne motorisé présente alors une excroissance volumineuse limitant le type de plateforme d'intégration possible.

[0008] Dans ce contexte d'intégration plateforme sujette à d'éventuels mouvements, notamment dans le cas des plateformes contraintes, telles que les plateformes aériennes, un système antenne immobile est donc davantage recherché.

[0009] Une première solution de système antenne immobile consiste à utiliser une antenne à balayage électronique passive (PESA de l'anglais « *passive electroni-*

cally scanned array »). Cependant, la puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) obtenue est fortement dépendante de l'amplification utilisée et sa mise en oeuvre requiert l'utilisation de deux panneaux antenne dédiés respectivement à l'émission et à la réception dont la masse, la consommation énergétique, et l'encombrement sont peu compatibles selon les cas d'intégration plateforme, notamment le cas des plateformes contraintes, telles que les plateformes aériennes,

[0010] Une deuxième solution de système antenne immobile consiste à mettre en oeuvre des systèmes antennes actifs, ou antenne à balayage électronique actif (AESA de l'anglais « *active electronically scanned array* ») propres à dépointer électroniquement pour décrire un hémisphère communément appelé dépointage 2D électronique.

[0011] Ce type de système antenne immobile actif propre à mettre en oeuvre un balayage multi directionnel requiert une pluralité d'éléments électroniques actifs, par exemple des antennes planaires de type patch alimentés par deux alimentations pour assurer une double polarisation, généralement répartis sur deux panneaux antennes disjoints, l'un étant dédié à l'émission et l'autre à la réception. Cependant, un tel agencement antenne présente un encombrement et des niveaux de consommation et de dissipation thermique élevés contraignants pour la réalisation de la plateforme.

[0012] Il existe donc un besoin pour un système antenne immobile, propre à mettre en oeuvre un balayage multi directionnel, compact et présentant des performances énergétiques réduites par rapport aux solutions connues.

[0013] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de pointage de faisceau pour système antenne de télécommunications, le dispositif comprenant :

- au moins une source d'alimentation propre à générer des ondes radiofréquences,
- un formateur de faisceaux quasi-optique planaire dont l'entrée est propre à être alimentée par ladite au moins une source et dont la sortie est propre à alimenter un réseau d'éléments rayonnants, le formateur de faisceaux quasi-optique planaire comprenant un guide d'onde à plaques parallèles, l'entrée et la sortie du formateur de faisceau quasi-optique planaire correspondant aux ouvertures linéaires situées entre les deux plaques parallèles du guide d'onde,
- ledit réseau d'éléments rayonnants,

le dispositif comprenant en outre au moins un élément de translation mécanique propre à déplacer, l'un par rapport à l'autre, ladite au moins une source d'alimentation et au moins un élément focalisant dudit formateur de faisceaux quasi-optique planaire selon un mouvement de translation perpendiculaire à la direction d'alimentation du réseau d'éléments rayonnants par la source.

[0014] Selon des modes de réalisation particuliers de

l'invention, le dispositif de pointage de faisceau présente également l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- la source est munie d'au moins un élément de contrôle électronique en phase et en amplitude du faisceau délivré en sortie du réseau d'éléments rayonnants ;
- l'élément de translation mécanique est propre à déplacer ladite au moins une source d'alimentation par rapport audit élément focalisant dudit formateur de faisceaux quasi-optique planaire immobile ;
- l'élément de translation mécanique est propre à déplacer ledit au moins un élément focalisant dudit formateur de faisceaux quasi-optique planaire par rapport à ladite au moins une source d'alimentation immobile ;
- le formateur de faisceaux quasi-optique planaire comprend un guide d'onde à plaques parallèles, le réseau d'éléments rayonnants et le guide d'onde à plaques parallèles présentant une largeur strictement supérieure à la largeur de l'élément focalisant, l'élément de translation mécanique étant propre à déplacer l'élément focalisant selon la largeur du guide d'onde à plaques parallèles ;
- le déplacement maximal de l'élément focalisant, par rapport à sa position initiale centrée selon la largeur du guide d'onde à plaques parallèles, est inférieur à la moitié de la largeur de l'élément focalisant ;
- chaque élément rayonnant du réseau d'éléments rayonnants comprend un cornet comprenant une première partie d'émission-réception et une deuxième partie d'émission-réception alimentées par le formateur de faisceaux quasi-optique,

chacune des première et deuxième parties d'émission-réception étant propre à émettre et recevoir une onde électromagnétique à une première fréquence ou à une deuxième fréquence, le rapport entre la deuxième fréquence et la première fréquence étant supérieur à 1,2, de préférence supérieur à 1,5, la première fréquence et la deuxième fréquence appartenant à la bande Ka du spectre électromagnétique.

[0015] L'invention a également pour objet un système antenneur comprenant au moins un dispositif de pointage de faisceau tel que précédemment décrit.

[0016] En outre, l'invention se rapporte aussi à une plateforme comportant au moins un système antenneur telle que précédemment décrit.

[0017] La présente invention a également pour objet un procédé de télécommunications, notamment par satellite, entre deux stations, le procédé comprenant l'emploi d'au moins un dispositif de pointage de faisceau ou d'un système antenneur tel que décrit précédemment.

[0018] 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,

donnés à titre d'exemple uniquement et en références aux dessins qui sont :

- figure 1, une vue schématique en perspective d'un dispositif de pointage de faisceau selon un premier mode de réalisation ;
- figure 2, une vue schématique en perspective d'un dispositif de pointage de faisceau selon un deuxième mode de réalisation ;
- figure 3, une vue schématique en perspective d'un exemple d'élément rayonnant d'antenne élémentaire selon la présente invention.

[0019] Dans la suite de la description, l'expression « sensiblement » exprimera une relation d'égalité à plus ou moins 10%.

[0020] Le dispositif de pointage D_p de faisceau selon la présente invention comprend un formateur de faisceaux quasi-optique 10 planaire.

[0021] Plus précisément, le formateur de faisceaux quasi-optique 10 comprend au moins un guide d'onde 12 à plaques parallèles (PPW de l'anglais « *Parallel Plate Waveguide* ») dans lequel un élément focalisant 14 est disposé.

[0022] Plus précisément, le guide d'onde 12 à plaques parallèles (PPW de l'anglais « *Parallel Plate Waveguide* ») est un guide de transmission comprenant deux plaques métalliques empilées, espacées l'une de l'autre selon une épaisseur E_G et s'étendant, selon deux directions longitudinale X et transversale Y.

[0023] L'élément focalisant 14 repose sur la plaque inférieure du guide d'onde 12 et présente une épaisseur, non représentée, inférieure ou égale à celle du guide d'onde à plaques parallèle 12.

[0024] Un tel élément focalisant 14 correspond par exemple :

- à une lentille contrainte, comme décrit par exemple dans les documents US 3170158 et US 5936588 qui illustrent le cas d'une lentille de Rotman, ou
- à un réflecteur comme décrit par exemple dans les documents FR 2944153 et FR 2986377 pour des formateurs de faisceaux Pillbox, ou
- à la structure focalisante décrite dans la demande FR 3 038 457, ou
- une structure focalisante plane à gradient d'indice,
- etc.

[0025] Dans le dispositif de pointage D_p , l'entrée du formateur de faisceaux quasi-optique 10 est propre à être alimentée par au moins une source 16 d'alimentation propre à générer des ondes radiofréquences, et la sortie du formateur de faisceaux quasi-optique 10 est propre à alimenter un réseau d'éléments rayonnants 18. L'entrée et la sortie du formateur de faisceau quasi-optique 10 planaire correspondent aux ouvertures linéaires situées entre les deux plaques parallèles du guide d'onde 12. La source 16 est en dehors du guide d'onde à plaques pa-

rallèles 12. La source 16, le formateur de faisceau quasi-optique 10 planaire et le réseau d'éléments rayonnants 18 sont alignés et juxtaposés selon la direction D, d'alimentation du réseau d'éléments rayonnants 18 par la source 16, et reposent sensiblement sur le même plan, à savoir le plan de la plaque inférieure du guide d'onde 12.

[0026] La déviation de l'alimentation du réseau d'éléments rayonnants 18 par la source 16 en passant par le formateur de faisceau quasi-optique 10 planaire est donc limitée et strictement inférieure à 90° . Autrement dit, la déviation du faisceau dans un plan perpendiculaire au guide d'onde à plaques parallèles 12 (PPW) est sensiblement nulle car la focalisation est réalisée en transmission dans le plan du PPW.

[0027] Par ailleurs, un tel alignement sur un même plan de la source 16, du formateur de faisceau quasi-optique 10 planaire et du réseau d'éléments rayonnants 18 permet une superposition (i.e. un empilement) selon l'axe Z d'une pluralité V de dispositif de pointage de faisceau D_P comprenant chacun un réseau de W éléments rayonnants 18.

[0028] Selon un aspect non représenté la source 16 est munie d'un duplexeur propre à sélectionner au moins la génération d'une onde électromagnétique à une première fréquence f_1 , dédiée, par exemple, à l'émission des ondes électromagnétiques de la bande Ka, f_1 étant alors comprise entre 27,5 GHz et 31 GHz, ou la génération d'une onde électromagnétique à une deuxième fréquence f_2 , dédiée, par exemple, à la réception des ondes électromagnétiques de la bande Ka, f_2 étant alors comprise entre 17,3 GHz et 21,2 GHz.

[0029] Selon la présente invention, le dispositif de pointage D_P comprend en outre au moins un élément de translation mécanique E_{TM} propre à déplacer, l'un par rapport à l'autre, ladite au moins une source d'alimentation 16 et au moins un élément focalisant 14 dudit formateur de faisceaux quasi-optique 10 selon un mouvement de translation T perpendiculaire à la direction D, d'alimentation du réseau d'éléments rayonnants 18 par la source 16, tel que représenté selon deux modes de réalisation illustrés par les figures 1 et 2.

[0030] Selon un aspect particulier, le dimensionnement du dispositif de pointage D_P est directement dépendant de l'excursion angulaire maximale de pointage souhaité.

[0031] Autrement dit, l'élément de translation mécanique E_{TM} permet de contrôler l'illumination du faisceau produit par l'élément focalisant 14 sur la ligne d'éléments rayonnants 18 formant réseau, ce qui délivre un dépointage mécanique du faisceau dans le plan de la ligne d'éléments rayonnants 18.

[0032] A la différence des solutions connues d'optimisation des systèmes antennaires à balayage électronique immobile, un tel élément mécanique présente de par sa nature passive une faible consommation énergétique et un encombrement réduit proportionnel à la taille du réseau d'éléments rayonnants 18 mis en oeuvre.

[0033] Ainsi la ligne d'éléments rayonnants 18 a une

capacité de pointage mécanique (appelée par la suite 1DM). Une telle capacité de pointage mécanique présente l'avantage d'être stable en fréquence.

[0034] Deux modes de réalisation d'une telle translation mécanique entre l'élément focalisant 14 et la source 16 sont envisageables selon que la translation mécanique est appliquée à la source 16, tel qu'illustré par la figure 1, ou à l'élément focalisant 14, tel qu'illustré par la figure 2.

[0035] Par exemple, sur la figure 1, l'élément focalisant 14 est immobile, et la source 16 est déplaçable selon la direction T en étant mobile sur un rail, le déplacement étant actionné par l'élément de translation mécanique E_{TM} correspondant à un engrenage, un ressort, un bras de rappel, etc., actionné automatiquement au moyen d'une motorisation, non représentée, en fonction du dépointage souhaité.

[0036] Lorsque la source 16 est en position centrée C_S par rapport à la largeur L_{EF} de l'élément focalisant 14 selon la direction Y, l'élément focalisant 14 est propre à illuminer l'ensemble du réseau d'éléments rayonnants 18. Autrement dit, L_{EF} est sensiblement égale à la largeur L_R selon l'axe Y du réseau d'éléments rayonnants 18 qui correspond sensiblement à la largeur du guide d'onde 12.

[0037] En revanche, lorsque la source 16 est déplacée selon la direction T à distance non nulle de cette position centrée C_S , seule une partie des éléments rayonnants 18 est illuminé, ce qui provoque un dépointage du faisceau obtenu pour cette position décentrée de la source 16 par rapport à la position centrée précédemment décrite.

[0038] Selon le mode de réalisation de la figure 1, le déplacement maximal T_{Smax} de la source est limité par sa propre largeur L_S et par la largeur L_R du formateur de faisceaux quasi-optique 10 planaire de sorte que $L_R = 2 \cdot T_{Smax} + L_S$.

[0039] En relation avec la figure 2, l'élément de translation mécanique E_{TM} est cette fois propre à déplacer l'élément focalisant 14 selon la direction de translation T (colinéaire à l'axe Y sur l'exemple de la figure 2) tandis que la source 16 est immobile.

[0040] Par exemple, l'élément de translation mécanique E_{TM} correspond à une vis sans fin.

[0041] Selon cette configuration, il est de ce fait nécessaire que le guide d'onde 12, où l'élément focalisant 14 repose à plat sur sa plaque métallique inférieure, présente une largeur (correspondant sensiblement à la largeur L_R du réseau d'éléments rayonnants 18) supérieure à la largeur L_{EF} de l'élément focalisant 14 de sorte à permettre le déplacement de l'élément focalisant 14 selon la direction T correspondant à la largeur du guide d'onde 12 et, sur l'exemple de la figure 2, également à la direction Y de la ligne du réseau d'éléments rayonnants 18 accolés les uns aux autres.

[0042] En d'autres termes, selon le mode de réalisation de la figure 2 où l'élément focalisant 14 du formateur de faisceaux quasi-optique 10 est déplacé selon un déplacement T_{EF} par rapport à la source 16 immobile du dis-

positif de pointage D_P , la largeur L_R selon l'axe Y du réseau d'éléments rayonnants 18, sensiblement égale à celle du guide d'onde 12, est telle que $L_R \geq (L_{EF} + 2 \cdot T_{EF})$.

[0043] Selon la configuration de la figure 2, le réseau d'éléments rayonnants 18 accolés les uns aux autres compte donc plus d'éléments rayonnants 18 que d'éléments rayonnants illuminés propres à recevoir l'onde plane focalisée par l'élément focalisant 14.

[0044] Selon un aspect particulier, le guide d'onde 12 sera dimensionné de sorte que le déplacement maximal T_{EFmax} par rapport à sa position initiale (i.e. par défaut centrée au point M centre des plans du guide d'onde à plaques parallèles 12) est inférieur à la moitié de la largeur L_{EF} , soit $T_{EFmax} \leq L_{EF}/2$.

[0045] Par ailleurs, selon un aspect complémentaire, la source 16 est munie d'au moins un élément E_{CPA} de contrôle électronique en phase et en amplitude de l'onde fournie par la source 16, ce qui permet en conséquence d'orienter le faisceau délivrer par le dispositif de pointage D_P dans le plan de la mise en réseau de la ligne d'éléments rayonnants 18.

[0046] Ainsi, selon cet aspect complémentaire du dispositif de pointage D_P selon la présente invention, à la capacité de pointage mécanique dans une dimension 1DM de la ligne d'éléments rayonnants 18 s'ajoute une capacité de pointage électronique dans une autre dimension perpendiculaire à la précédente (appelée par la suite 1DE).

[0047] La capacité de pointage mécanique 1DM est plus stable en fréquence que la capacité de pointage électronique 1DE, l'élément de contrôle électronique en phase et en amplitude étant par nature plus sensible à la fréquence de fonctionnement du dispositif de pointage D_P que ne l'est un élément mécanique dont le fonctionnement n'est pas impacté par une fréquence de fonctionnement.

[0048] Ainsi, tout en augmentant la précision de pointage de faisceau par un ajustement électronique en amplitude et en phase, une stabilité de pointage est garantie indépendamment de la fréquence de fonctionnement par le dispositif de pointage D_P selon la présente invention.

[0049] L'invention concerne également un système antenne, non représenté comprenant au moins un dispositif de pointage de faisceau D_P tel que précédemment décrit.

[0050] Par exemple, un tel système antenne correspond à la superposition (i.e. l'empilement) selon l'axe Z d'une pluralité V de dispositif de pointage de faisceau D_P comprenant chacun un réseau de W éléments rayonnants 18.

[0051] Le système antenne correspondant comprend donc une matrice de $W \times V$ éléments rayonnants 18, V sources 16 distinctes alimentant respectivement chacune des V lignes de W éléments rayonnants 18 (par exemple sur les figures 1 et 2 $W=13$), V éléments de translation mécanique E_{TM} et en complément V éléments de contrôle électronique en phase et en amplitude E_{CPA} étant mis en oeuvre pour contrôler automatiquement lo-

calement sur la plateforme, voire à distance notamment dans le cas d'une plateforme spatiale, le dépointage (i.e. pointage de faisceau dans une direction donnée par rapport à une direction de pointage par défaut) mécanique et/ou électronique de V faisceaux dans le plan de chacune des V lignes d'éléments rayonnants 18.

[0052] Les V éléments de translation mécanique E_{TM} sont contrôlés par un même moteur ou par deux moteurs dédiés chacun au déplacement de part et d'autre de la ligne médiane passant par le centre M du formateur de faisceaux quasi-optique planaire 10 et la position centrée Cs de la source 16.

[0053] On obtient ainsi un balayage électronique multi directionnel tout en évitant l'utilisation d'un axe mécanique en azimut ou en élévation, par exemple au moyen d'un plateau tournant, fixé à la plateforme.

[0054] Selon un aspect particulier, les éléments rayonnants 18 alimentés par le formateur de faisceaux quasi-optique planaire 10 selon l'invention, présente une forme parallélépipédique comme illustré sur les figures 1 et 2 décrites précédemment et comprennent deux parties, à savoir une première partie 20 polarisante et une deuxième partie ou sortie 22 dédiée à l'émission/réception en tant que telle.

[0055] Alternativement, la forme de ces éléments rayonnants 18 est cylindrique et conforme à l'objet de la demande FR 3 013 909 A1 tel qu'illustré par la figure 3.

[0056] Plus précisément, tel qu'illustré par la figure 3, l'élément rayonnant 18 comporte un cornet 24, une partie polarisante 20 comprenant des éléments diélectriques 26 et deux accès 28, 30 pour les ondes émises ou reçues par l'élément rayonnant 18.

[0057] Le cornet 24 comporte une première partie d'émission-réception 22_1 propre à émettre et recevoir une onde selon un état de polarisation et une deuxième partie selon un autre état de polarisation 22_2 , distinct de la première partie d'émission-réception 22_1 .

[0058] Comme indiqué précédemment, chaque partie 22_1 et 22_2 est respectivement alimentée via les accès 28 et 30 par le formateur 10 de faisceaux quasi-optique planaire précédemment décrit.

[0059] Les parties 22_1 et 22_2 selon une variante de réalisation sont propres à être associées en un seul bloc.

[0060] Chacune des première et deuxième parties d'émission-réception 22_1 , 22_2 est propre à émettre et recevoir une onde électromagnétique à une première fréquence f_1 ou à une deuxième fréquence f_2 , le rapport entre la deuxième fréquence f_2 et la première fréquence f_1 est supérieure à 1,2, et de préférence supérieur à 1,5.

[0061] Selon une caractéristique particulière, le cornet 24 a une forme cylindrique conférant à l'émission de chaque élément rayonnant 18 un caractère large bande. La bande couverte par un cornet s'étend typiquement à 40% de part et d'autre de la fréquence de fonctionnement f_1 et f_2 .

[0062] Ainsi, dans cette variante, la première partie d'émission-réception 22_1 et la deuxième partie d'émission-réception 22_2 ont chacune la forme d'un demi-dis-

que, l'association des deux parties d'émission-réception formant le cornet 24.

[0063] De façon classique, un cornet dimensionné pour fonctionner sur une large bande de fréquence présente des dimensions extérieures qui sont contraintes par la longueur d'onde de fonctionnement correspondant à la plus faible des fréquences à émettre ou recevoir. De plus, l'intérieur de celui-ci est vide.

[0064] Dans l'exemple présenté, identiquement aux éléments diélectriques 26, l'intérieur du cornet 24 est rempli d'un matériau diélectrique afin de réduire les dimensions physiques du cornet 24. En effet, la longueur d'onde dans un matériau diélectrique est plus petite que dans la longueur d'onde correspondante dans l'air. Ainsi, pour une structure de cornet donné, un élargissement vers la bande de fréquence de fonctionnement est réalisé. Ce matériau diélectrique est un substrat présentant une permittivité comprise entre deux et cinq en fonction des contraintes de réalisation.

[0065] De plus, par exemple pour une application en bande Ka du spectre électromagnétique, la partie polarisante 20 de l'élément rayonnant 18 comprend un polariseur 32 agencé de manière à polariser les ondes que la première partie d'émission-réception 22₁ et la deuxième partie d'émission-réception 22₂ sont propres à émettre.

[0066] Le polariseur 32 comporte deux parties agencées, non représentées, de manière à polariser circulairement dans un premier sens les ondes que la première partie d'émission-réception 22₁ est propre à émettre et à polariser circulairement les ondes que la deuxième partie d'émission-réception 22₂ est propre à émettre dans un sens opposé au premier sens.

[0067] Pour la suite de la description, le premier sens est la polarisation droite.

[0068] Ainsi, un tel élément rayonnant 18 conforme à l'objet de la demande FR 3 013 909 A1 est par exemple propre à émettre et/ou recevoir des ondes présentant une polarisation circulaire droite à la première fréquence f_1 . Un tel élément rayonnant 18 est également propre à émettre et/ou recevoir des ondes présentant une polarisation circulaire gauche à la deuxième fréquence f_2 .

[0069] Selon une variante, le polariseur 32 fait également partie du cornet 24 (i.e. se prolonge également dans le cornet 24).

[0070] Dans l'élément rayonnant 18, les éléments diélectriques 26 sont insérés afin de réduire la dimension électrique par rapport à la longueur d'onde et ainsi d'obtenir une antenne élémentaire A avec des dimensions permettant de rapprocher les éléments rayonnants 18 suffisamment lors de la mise en réseau afin de faciliter le balayage angulaire sur une plage suffisamment grande tout en gardant des performances de rayonnement compatibles de l'application de type liaison satellitaire envisagée. Les éléments diélectriques 26 sont préférentiellement uniquement localisés au niveau des accès 28, 30 ainsi que dans le polariseur 32. En variante, les éléments diélectriques 26 sont prolongés dans les parties

22₁ et 22₂.

[0071] Chaque accès 28, 30 est en regard d'une partie d'émission-réception du cornet 24. Par exemple, un accès 28 pour une onde polarisée circulaire gauche est donc prévu en regard de la première partie d'émission-réception 22₁ du cornet 24 tandis qu'un accès 30 pour une onde polarisée circulaire droite est prévu en regard de la deuxième partie d'émission-réception 22₂.

[0072] En fonctionnement, la première partie d'émission-réception 22₁ reçoit des ondes électromagnétiques selon un état de polarisation dès que le cornet 24 est excité électriquement. Cette onde est polarisée circulaire gauche par le polariseur 32. Cette onde passe ensuite par l'accès 28 prévu pour une onde polarisée circulaire gauche.

[0073] Une onde polarisée circulaire droite passe par l'accès 30 prévu pour une onde polarisée circulaire droite. Cette onde passe ensuite à travers le polariseur 32 avant d'être émise par la deuxième partie d'émission-réception 22₂. Ce fonctionnement émission-réception peut être inversé entre les accès 28 et 30.

[0074] Il apparaît ainsi qu'un seul élément rayonnant 18 permet d'assurer à la fois les fonctions émission et réception, pour deux fréquences f_1 et f_2 dont le rapport est supérieur à 1,2. C'est un cornet 24 bi-bande compact à polarisation circulaire qui rend chaque élément rayonnant 18 bi-bande.

[0075] En outre, chaque élément rayonnant 18 est propre à émettre et/ou recevoir des ondes dans deux états de polarisation différents, par exemple, des polarisations circulaires gauche et droite. Dans le cas où une onde à polarisation linéaire est souhaitée, soit les deux accès 28, 30 sont utilisés simultanément en leur appliquant, via le formateur 10 de faisceaux quasi-optique, la sources 16 et l'élément de contrôle électronique en phase et en amplitude E_{CPA} , un certain déphasage en fonction de l'orientation de la polarisation souhaitée, ou un seul accès 28 ou 30 est excité sélectivement par la source 16.

[0076] Ainsi, le dispositif de pointage D_P spécifique selon la présente invention, basé sur un dépointage mécanique dans le plan d'une ligne d'un réseau d'éléments rayonnants 18, combiné ou non à un dépointage électronique, permet en association avec un ou plusieurs éléments rayonnants 18 tels que ceux de la demande FR 3 013 909 A1, ou des éléments rayonnants 18 de forme parallélépipédiques présentant un fonctionnement similaire, d'obtenir un système antenne immobile très efficace car principalement focalisant et propre à fournir un balayage multi directionnel aisément reconfigurable tout en présentant une consommation énergétique et une dissipation thermique réduites par rapport aux solutions connues.

55 Revendications

1. Dispositif (D_P) de pointage de faisceau pour système antenne de télécommunications, le dispositif

comprenant :

- au moins une source (16) d'alimentation propre à générer des ondes radiofréquences,
- un formateur (10) de faisceaux quasi-optique planaire dont l'entrée est propre à être alimentée par ladite au moins une source et dont la sortie est propre à alimenter un réseau d'éléments rayonnants (18), le formateur (10) de faisceaux quasi-optique planaire comprenant un guide d'onde (12) à plaques parallèles, l'entrée et la sortie du formateur de faisceau quasi-optique (10) planaire correspondant aux ouvertures linéaires situées entre les deux plaques parallèles du guide d'onde (12),
- ledit réseau d'éléments rayonnants (18),

caractérisé en ce que le dispositif (D_P) comprend en outre au moins un élément (E_{TM}) de translation mécanique propre à déplacer, l'un par rapport à l'autre, ladite au moins une source (16) d'alimentation et au moins un élément focalisant (14) dudit formateur de faisceaux quasi-optique (10) planaire selon un mouvement de translation (T) perpendiculaire à la direction (D) d'alimentation du réseau d'éléments rayonnants (18) par la source (16).

2. Dispositif (D_P) de pointage de faisceau selon la revendication 1, dans lequel la source (16) est munie d'au moins un élément (E_{CPA}) de contrôle électronique en phase et en amplitude du faisceau délivré en sortie du réseau d'éléments rayonnants (18).

3. Dispositif (D_P) de pointage de faisceau selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'élément de translation mécanique (E_{TM}) est propre à déplacer ladite au moins une source (16) d'alimentation par rapport audit élément focalisant (14) dudit formateur (10) de faisceaux quasi-optique planaire immobile.

4. Dispositif (D_P) de pointage de faisceau selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'élément de translation mécanique (E_{TM}) est propre à déplacer ledit au moins un élément focalisant (14) dudit formateur (10) de faisceaux quasi-optique planaire par rapport à ladite au moins une source (16) d'alimentation immobile.

5. Dispositif (D_P) de pointage de faisceau selon la revendication 4, dans lequel, le réseau d'éléments rayonnants (18) et le guide d'onde à plaques parallèles (12) présentant une largeur (L_R) strictement supérieure à la largeur (L_{EF}) de l'élément focalisant (14), l'élément (E_{TM}) de translation mécanique étant propre à déplacer l'élément focalisant (14) selon la largeur (L_R) du guide d'onde à plaques parallèles.

6. Dispositif (D_P) de pointage de faisceau selon la re-

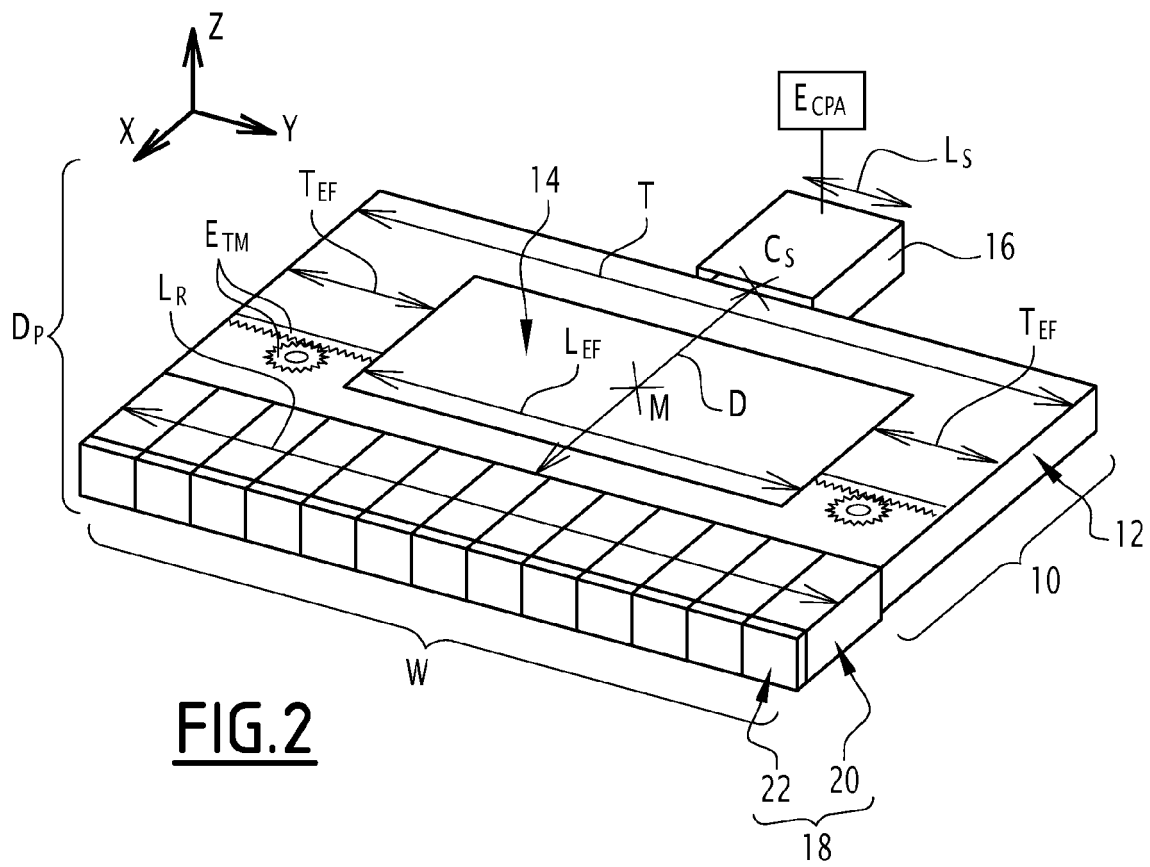
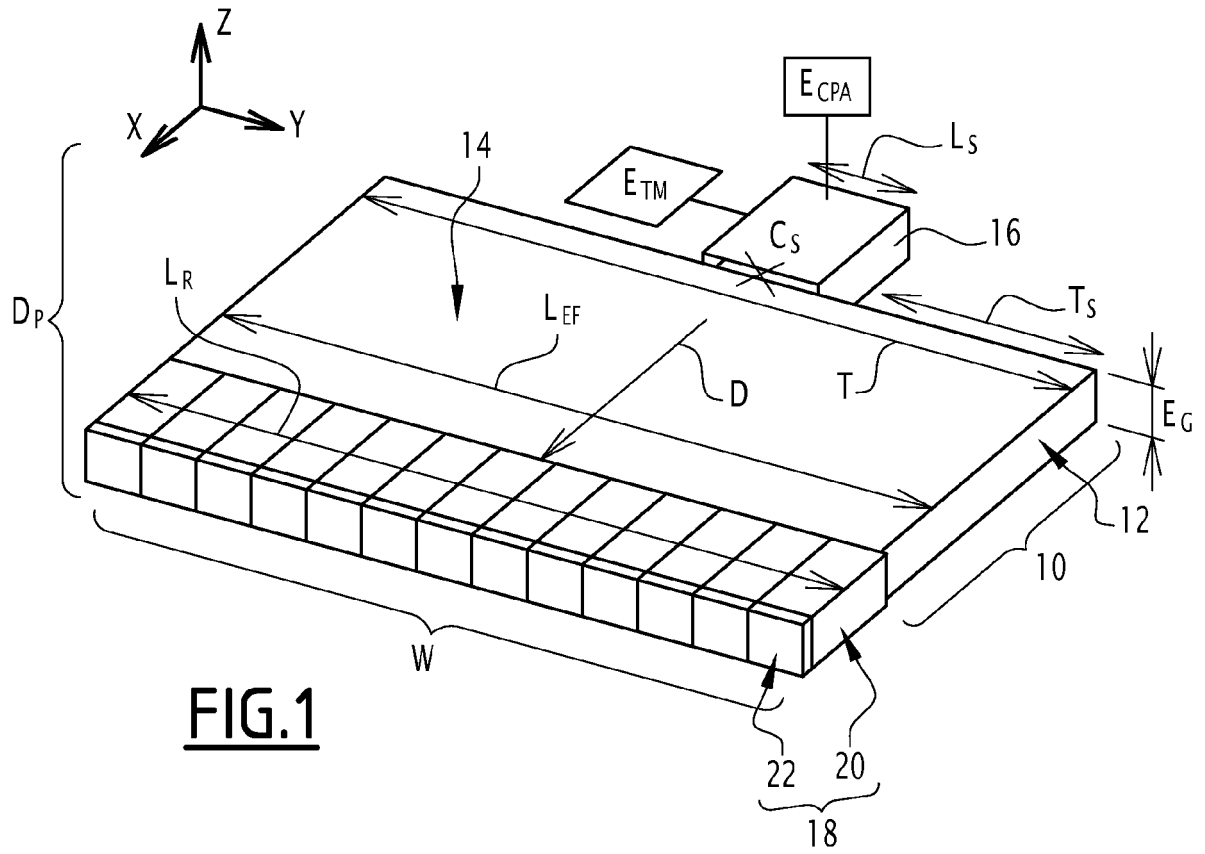
vendication 5, dans lequel le déplacement maximal (T_{max}) de l'élément focalisant (14), par rapport à sa position initiale centrée selon la largeur (L_R) du guide (12) d'onde à plaques parallèles, est inférieur à la moitié de la largeur (L_{EF}) de l'élément focalisant (14).

7. Dispositif (D_P) de pointage de faisceau selon la revendication 5 dans lequel chaque élément rayonnant du réseau d'éléments rayonnants (18) comprend un cornet (24) comprenant une première partie d'émission-réception (22_1) et une deuxième partie d'émission-réception (22_2) alimentées par le formateur (10) de faisceaux quasi-optique, chacune des première et deuxième parties d'émission-réception (22_1 , 22_2) étant propre à émettre et recevoir une onde électromagnétique à une première fréquence (f_1) ou à une deuxième fréquence (f_2), le rapport entre la deuxième fréquence et la première fréquence étant supérieur à 1,2, de préférence supérieur à 1,5, la première fréquence (f_1) et la deuxième fréquence (f_2) appartenant à la bande Ka du spectre électromagnétique.

8. Système antenne comprenant au moins un dispositif de pointage de faisceau selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Plateforme comportant un système antenne selon la revendication 8.

10. Procédé de télécommunications entre deux stations de télécommunications, le procédé comprenant l'emploi d'au moins un dispositif de pointage de faisceau selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 ou d'un système antenne selon la revendication 8.



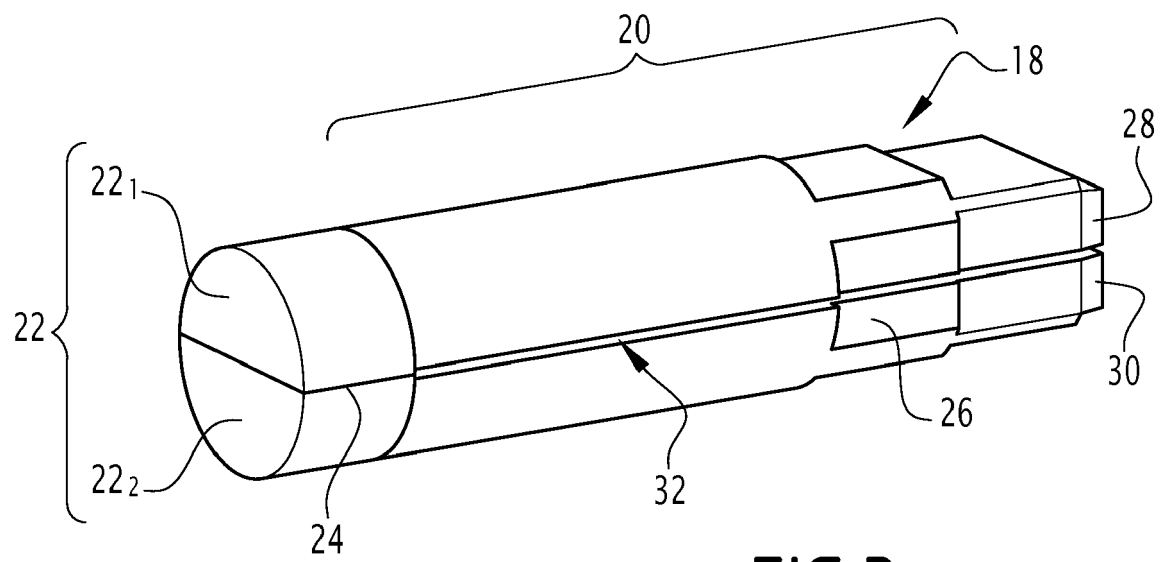


FIG.3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 21 5894

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)
X	US 2002/101386 A1 (TAKENOSHITA TAKESHI [JP]) 1 août 2002 (2002-08-01) * figures 1, 2, 9-11 * * alinéa [0067] - alinéa [0068] * * alinéa [0090] * * alinéa [0092] *	1,3,5-8	INV. H01Q3/32 H01Q21/00 H01Q3/14
X	US 2003/016097 A1 (MCKINZIE WILLIAM E [US] ET AL) 23 janvier 2003 (2003-01-23) * figures 2, 3, 8, 9, 11 * * alinéa [0002] * * alinéa [0005] * * alinéa [0007] - alinéa [0008] * * alinéa [0010] * * alinéa [0038] * * alinéa [0057] *	1,2,4, 8-10	
A	US 6 833 819 B2 (HRL LAB LLC [US]) 21 décembre 2004 (2004-12-21) * figures 1-3, 3a *	1,4,5,8, 9	
A	GB 2 398 172 A (THALES PLC [GB]) 11 août 2004 (2004-08-11) * figures 2-4 *	1,3,8,9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
A	GB 2 205 996 A (BRITISH BROADCASTING CORP) 21 décembre 1988 (1988-12-21) * figure 5 *	1,3,8,9	
A	US 2015/145739 A1 (FRIEDMAN T T; QUAGLIARO G; TALOM F T; TCHOFFO T F; TCHOFFO TALOM F) 28 mai 2015 (2015-05-28) * figures 3, 6 *	1,5,7-10	
X	US 5 245 349 A (HARADA TAKUJI [JP]) 14 septembre 1993 (1993-09-14) * figures 1-4 *	1-10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		25 mars 2019	Topak, Eray
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 03.82 (P04C02)

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

EP 18 21 5894

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

25-03-2019

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

US 2002101386 A1 01-08-2002 DE 10203153 A1 31-10-2002
JP 4373616 B2 25-11-2009
JP 2002223113 A 09-08-2002
US 2002101386 A1 01-08-2002

US 2003016097 A1 23-01-2003 AU 2003233417 A1 27-10-2003
US 2003016097 A1 23-01-2003
WO 03088413 A2 23-10-2003

US 6833819 B2 21-12-2004 AU 2003215242 A1 04-09-2003
TW 1222239 B 11-10-2004
US 2003234747 A1 25-12-2003
WO 03069731 A1 21-08-2003

25

GB 2398172 A 11-08-2004 AUCUN

GB 2205996 A 21-12-1988 EP 0313623 A1 03-05-1989
GB 2205996 A 21-12-1988
JP H01503429 A 16-11-1989
WO 8809066 A1 17-11-1988

30

US 2015145739 A1 28-05-2015 BR 102014029867 A2 20-09-2016
CA 2872760 A1 28-05-2015
EP 2879236 A1 03-06-2015
FR 3013909 A1 29-05-2015
SG 10201408131V A 29-06-2015
US 2015145739 A1 28-05-2015

35

US 5245349 A 14-09-1993 DE 68917707 D1 29-09-1994
DE 68917707 T2 15-12-1994
EP 0376701 A2 04-07-1990
ES 2066004 T3 01-03-1995
JP H0793532 B2 09-10-1995
JP H02174402 A 05-07-1990
US 5245349 A 14-09-1993

45

50

55

EPO FORM P0430

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 3170158 A **[0024]**
- US 5936588 A **[0024]**
- FR 2944153 **[0024]**
- FR 2986377 **[0024]**
- FR 3038457 **[0024]**
- FR 3013909 A1 **[0055] [0068] [0076]**