



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.06.2012 Bulletin 2012/26

(51) Int Cl.:
H01Q 3/01 (2006.01) **H01Q 3/04** (2006.01)
H01Q 3/14 (2006.01) **H01Q 3/32** (2006.01)
H01Q 11/08 (2006.01) **H01Q 19/06** (2006.01)
H01Q 21/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11306778.9**

(22) Date de dépôt: **26.12.2011**

(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

- **Tchoffo Talom, Friedman**
92704 COLOMBES (FR)
- **Siroto, Patrick**
92704 COLOMBES (FR)
- **Fasse, Dominique**
92704 COLOMBES (FR)

(30) Priorité: **27.12.2010 FR 1005125**

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

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Brasile, Jean-Pierre**
92704 COLOMBES (FR)

(54) **Antenne radiofréquence à éléments rayonnants multiples pour émission d'une onde à direction de propagation variable**

(57) Antenne radiofréquence comportant un châssis (26) et une surface d'émission (22) portant un ensemble d'éléments d'antenne rayonnant (24), chacun suivant une direction d'émission propre, **caractérisée en ce que** chaque élément d'antenne (24) est au moins partiellement déplaçable par rapport à la surface d'émission (22) pour modifier sa direction d'émission propre et en ce qu'il

comporte des moyens (25) de déplacement des éléments d'antenne (24) de manière coordonnée suivant ladite surface (24) pour former, à partir des ondes élémentaires produites par les éléments d'antenne (24), une onde cohérente se propageant suivant une direction décalée angulairement par rapport à la normale à la surface d'émission.

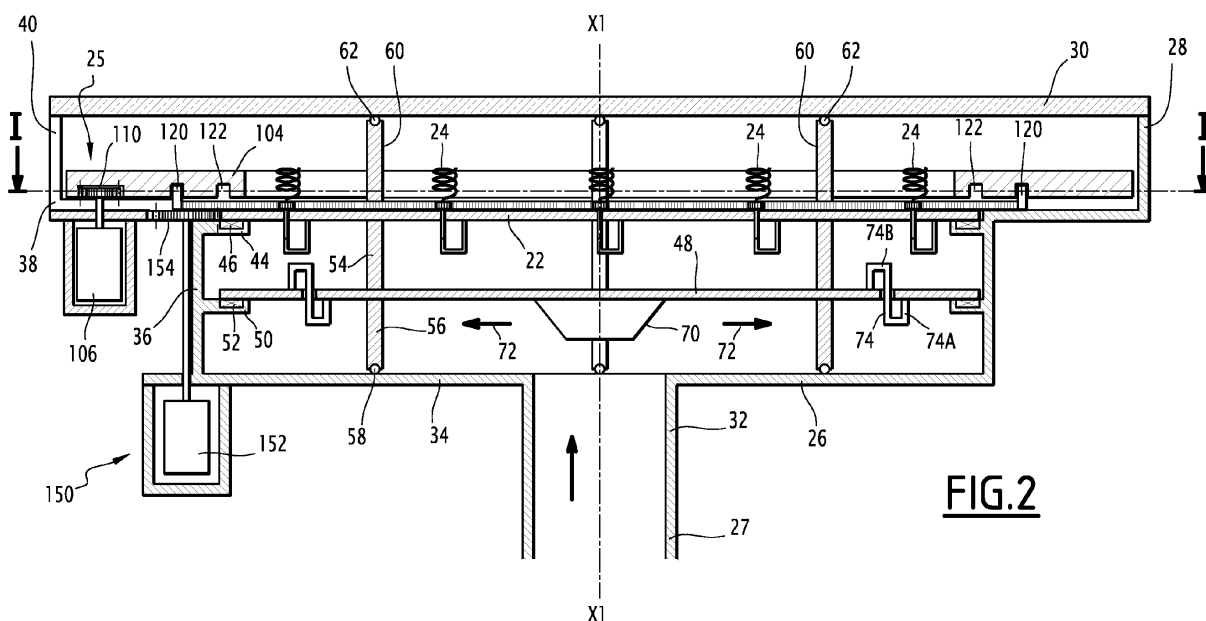


FIG.2

Description

[0001] La présente invention concerne une antenne radiofréquence, du type comportant un châssis et une surface d'émission portant un ensemble d'éléments d'antenne rayonnant, chacun suivant une direction d'émission propre.

[0002] Les antennes réseau pour lesquelles les éléments émissifs de type hélicoïdaux sont connus, notamment par le brevet US 6 115 005. De même ce type d'antenne compacte est susceptible de transmettre des puissances crête très élevées comme il est décrit par exemple dans le document Li, X.Q.; Liu, Q.X.; Zhang, J.Q.; Zhao, L.; Zhang, Z.Q.;, "The high-power radial line helical circular array antenna: Theory and development," Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), 2010, International Conference on, vol., no., pp. 671-674, 8-11 May 2010, doi: 10.1109/ICMMT.2010.5525020. Toutefois les possibilités de pointage d'une telle antenne à très forte puissance restent limitées en raison de la connexion directe, en général sous vide, entre la source de puissance et l'antenne. De manière générale une antenne radiale à base d'éléments d'antenne rayonnant de type hélicoïdaux est constituée d'une ligne de transmission radiale, pouvant être alimentée par son centre ou par sa périphérie, et d'un ensemble d'éléments d'antenne rayonnant régulièrement répartis. Chaque élément d'antenne comporte un brin rayonnant en hélice faisant saillie sur la face d'émission. Le brin est relié à une boucle de captation présente à l'intérieur de la ligne de transmission radiale de l'antenne, de l'autre côté de la surface d'émission. Chacun des brins rayonnant en hélice est positionné avec un angle initial de manière à former, par exemple, un champ électromagnétique cohérent dont la direction de propagation est perpendiculaire à la surface d'émission.

[0003] L'angle de départ des hélices de chaque élément d'antenne est fixé une fois pour toute de sorte que le déphasage entre les différents éléments d'antenne permette l'addition cohérente dans la direction d'émission souhaitée.

[0004] Afin de changer la direction d'émission de l'antenne, il est connu de monter l'antenne sur un support articulé et motorisé permettant de déplacer l'ensemble de l'antenne, notamment sa surface d'émission et l'ensemble des éléments d'antenne qui sont présents, ainsi que le châssis de support de la surface d'émission.

[0005] La source de rayonnement électromagnétique utilisée pour alimenter l'antenne à très forte puissance est constituée généralement d'une source relativiste (magnétron de forte puissance, « Magnetically Insulated Line Oscillator » (MILO), carnotron, klystron relativiste par exemple). L'ensemble source, guide de liaison, antenne doit alors être maintenu sous vide et est difficilement déformable, en raison des risques de claquage limitant les technologies et les architectures permettant d'effectuer un pointage de l'antenne dans une direction particulière, autrement que par déplacement de l'ensem-

ble.

[0006] L'invention a pour but de proposer une antenne radiofréquence permettant d'être utilisée dans un agencement où la direction du champ rayonné par l'antenne est mobile angulairement dans une ou deux directions, sans nécessiter d'éléments de guidage déformables complexes ni de déplacement de masses importantes.

[0007] A cet effet, l'invention a pour objet une antenne radiofréquence du type précité, **caractérisée en ce que** chaque élément d'antenne est au moins partiellement déplaçable par rapport à la surface d'émission pour modifier sa direction d'émission propre et en ce qu'il comporte des moyens de déplacement des éléments d'antenne de manière coordonnée suivant ladite surface pour former, à partir des ondes élémentaires produites par les éléments d'antenne, une onde cohérente se propageant suivant une direction décalée angulairement par rapport à la normale à la surface d'émission.

[0008] Suivant des modes particuliers de réalisation, l'antenne radiofréquence comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les éléments d'antenne sont répartis par groupes d'éléments d'antenne, les éléments d'un même groupe étant présents dans une bande de la surface d'émission s'étendant perpendiculairement à la projection de la direction d'émission sur la surface, les éléments d'antenne d'un même groupe étant positionnés pour produire des ondes élémentaires ayant un même déphasage par rapport aux ondes produites par des éléments d'antenne d'un autre groupe,
- les moyens de déplacement des éléments d'antenne sont propres à positionner les éléments d'antenne pour qu'ils produisent chacun une onde élémentaire déphasée d'un déphasage $\delta\Phi$ par rapport aux autres éléments d'antenne défini par :

$$\delta\Phi = 2\pi h \operatorname{tg}\theta / \lambda$$

où θ est l'angle d'inclinaison de la direction d'émission par rapport à la normale à la surface d'émission, λ est la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique ; et h est la distance de l'élément d'antenne à un axe de référence mesurée suivant la direction d'émission sur la surface d'émission,

- les éléments d'antenne comportant chacun un brin d'émission monté rotatif par rapport à la surface d'émission et les moyens de déplacement des éléments d'antenne sont propres à entraîner les éléments d'antenne en rotation,
- les moyens de déplacement comportent des crémaillères montées coulissantes par rapport à la surface d'émission et les brins d'émission sont solidaires de pignons d'entraînement en prise avec les crémaillères et en ce que les moyens de déplacement comportent un mécanisme de déplacement syn-

- chronisé des crémaillères,
- le mécanisme de déplacement synchronisé comporte une couronne de commande rotative par rapport au châssis et pourvue de cames de commande des crémaillères, les crémaillères étant chacune équipées d'au moins un suiveur de came coopérant avec une came, et un moteur d'entraînement en rotation de la couronne,
- les éléments d'antenne comportent un brin d'émission déformable et en ce que les moyens de déplacement comportent un mécanisme propre à assurer la déformation de chaque brin d'émission pour modifier la direction d'émission propre,
- les éléments d'antenne comportent chacun une lentille de focalisation de l'onde électromagnétique élémentaire produite par l'élément d'antenne et en ce que les moyens de déplacement comportent un mécanisme de déplacement angulaire de chaque lentille de focalisation,
- la surface d'émission portant les éléments d'antenne rayonnants est rotative par rapport au châssis et en ce qu'elle comporte des moyens d'entraînement en rotation de la surface d'émission.
- le châssis délimite un espace clos sous vide dans lequel sont contenus les éléments d'antenne et en ce qu'elle comporte des colonnettes de reprise d'effort entre le châssis et la surface d'émission.

[0009] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe d'une antenne selon l'invention, vue de dessus, prise suivant la ligne I-I de la figure 2 ;
- la figure 2 est une vue en coupe transversale de l'antenne selon l'invention prise suivant la ligne II-II de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en coupe de détail d'un élément d'antenne de l'antenne selon l'invention ; et
- les figures 4, 5 et 6 sont des vues en élévation de variantes de réalisation d'éléments d'antenne selon l'invention.

[0010] L'antenne 20 selon l'invention est représentée en vue de dessus et en coupe sur la figure 1 et en coupe transversale sur la figure 2. Elle présente une forme générale de disque d'axe X1-X1. Selon l'invention, chaque antenne 20 est propre à émettre suivant une direction T-T décalée angulairement d'un angle θ par rapport à l'axe X1-X1 de l'antenne.

[0011] Sa surface plane d'émission est constituée d'un plateau circulaire 22 mobile en rotation autour de l'axe X1-X1 et sur lequel est disposé un ensemble d'éléments d'antenne rayonnant 24 répartis régulièrement sur la surface du plateau 22. Les éléments d'antenne sont propres à produire chacun une onde élémentaire, chacun suivant

une direction d'émission propre et avec un déphasage propre de sorte que l'addition des ondes élémentaires produisent une onde cohérente suivant la direction T-T.

[0012] Ces éléments d'antenne ont chacun un axe X2-X2 normalement perpendiculaire au plateau 22.

[0013] L'antenne est équipée selon l'invention de moyens 25 de déplacement des éléments d'antenne par rapport à la surface d'émission pour modifier leur direction d'émission et/ou leur phase. Dans le mode de réalisation décrit ici, les moyens 25 sont propres à produire un déplacement en rotation sur eux-mêmes de tout ou partie des éléments d'antenne.

[0014] Le plateau 22 est porté par un châssis 26 en forme générale de cloche s'évasant progressivement depuis une entrée 27 de collecte du rayonnement magnétique issu de la source 12 jusqu'à une bouche 28 de sortie du rayonnement issu des éléments d'antenne 24. Cette bouche est obturée par une paroi de protection 30 étanche à l'air permettant de créer le vide à l'intérieur du châssis 26. La paroi 30 est transparente au rayonnement électromagnétique et forme radôme.

[0015] L'extrémité d'entrée 27 du châssis 26 est formée d'un tube prolongé par une couronne 34 formant le fond du châssis. Cette couronne est d'axe X1-X1. Le fond est prolongé par une première paroi périphérique 36 présentant à son extrémité tournée vers la bouche 28 un épaulement divergeant 38 formant un support. Cet épaulement est bordé d'une seconde paroi périphérique 40 portant la paroi de protection 30.

[0016] Le plateau 22 prend appui sur un rebord périphérique interne 44 de la paroi latérale 34. Ce rebord 44 forme un pallier de guidage en rotation du plateau 22 autour de l'axe X1-X1. A cet effet, il est avantageusement équipé d'un roulement à billes 46.

[0017] Entre le plateau 22 et le fond 34 est disposée une paroi intermédiaire de séparation 48 s'étendant parallèlement au plateau 22 et séparant l'espace annulaire délimité par la paroi latérale 36 en deux espaces adjacents. La paroi 44 est portée, comme le plateau 22, par un rebord formant pallier 50 avantageusement équipé de roulement à billes 52.

[0018] Des colonnettes de liaison et de reprise d'effort 54 sont disposées entre le plateau 22 et la paroi 48. Elles s'étendent parallèlement à l'axe X1-X1 et sont équiréparties suivant un ou plusieurs cercles d'axe X1-X1 sur la surface du plateau afin d'assurer la tenue mécanique de l'ensemble lorsque l'antenne est sous vide. Ces colonnettes lient rigidement le plateau 22 et la paroi 48.

[0019] Des colonnettes 56 de prolongement des colonnettes 44 s'étendent entre la paroi 48 et le fond 34 dans le prolongement des colonnettes 54. Les colonnettes 56 sont liées à la paroi 48 à une de leurs extrémités et présentent un contact glissant 58 à leurs autres extrémités en appui sur la surface du fond 34.

[0020] De même, des colonnettes 60 prolongent les colonnettes 54 depuis le plateau 22 jusqu'à la paroi de protection 30. Ces colonnettes sont fixées au plateau 22 et prennent appui suivant un contact glissant 62 sur la

paroi 30.

[0021] L'appui glissant des colonnettes 52 et 60 sur le fond 34 et la paroi 30 est assuré par exemple par interposition d'une bille libre en rotation à l'extrémité de chaque colonnette.

[0022] La paroi intermédiaire 48 porte en regard du conduit 32, suivant l'axe X1-X1, un cône métallique 70 propre à modifier le mode de propagation du flux électromagnétique, en passant d'un flux en mode TM01 suivant l'axe X1-X1 à un flux centripète suivant le mode TEM s'étendant depuis l'axe X1-X1 vers l'extérieur suivant le sens des flèches 72.

[0023] La paroi intermédiaire 48 est munie de boucles traversantes 74 réparties régulièrement suivant un cercle centré suivant l'axe X1-X1. Ces boucles 74 sont formées d'un conducteur métallique refermé sur lui-même et présentent deux lobes 74A, 74B faisant saillie de part et d'autre de la paroi intermédiaire 48. Les éléments d'antenne 24 sont représentés à plus grande échelle sur la figure 3. Selon l'invention, ces éléments d'antenne sont propres à tourner sur eux-mêmes autour de leur axe X2-X2 parallèle à l'axe X1-X1.

[0024] Sur la figure 3, on retrouve le plateau 22 portant l'élément d'antenne 24. Chaque élément d'antenne comporte un brin d'émission 80 disposé du côté de la bouche d'émission de l'antenne et une boucle de captation 82 disposée entre le panneau 22 et la paroi intermédiaire 48.

[0025] La boucle 82 est liée rigidement et de manière fixe à la paroi 22 par l'une de ses extrémités tout en restant isolé électriquement de la paroi 22 dans sa traversée vers le brin d'émission 84. La boucle présente une forme connue en soi et est obtenue par courbure sur lui-même d'un conducteur métallique.

[0026] Le brin 80 présente une partie d'émission 84 constituée d'un fil métallique plein décrivant une forme d'hélice. Ce brin se prolonge par une âme 86 engagée à l'intérieur du conducteur creux constituant la boucle 82 tout en assurant une liaison électrique.

[0027] Un contact glissant 88 est assuré entre le conducteur 83 et l'âme 86 suivant un agencement de tout type adapté permettant ainsi une rotation du brin d'émission 80 par rapport à la boucle 82 tout en assurant une liaison électrique.

[0028] Un pignon d'entraînement 90 est disposé autour du brin 80 à la liaison entre la partie d'émission en hélice 84 et l'âme 86. Ce pignon s'étend perpendiculairement à l'axe X2-X2 de rotation du brin d'émission et est disposé le long du panneau 22 du côté de la bouche 28 d'émission. Il est solidaire en rotation du brin 80.

[0029] Comme illustré sur la figure 1, le mécanisme 25 d'entraînement en rotation sur eux-mêmes des éléments d'antenne 24 comporte un ensemble de crémaillères 102 disposées parallèlement les unes aux autres sur la surface du plateau 22 tournée vers la bouche 28. Ces crémaillères s'étendent ainsi suivant des cordes du disque formant le plateau 22. Elles sont perpendiculaires à la composante de la direction T-T suivant le plan d'émission défini par le plateau 22.

[0030] Ces crémaillères présentent de part et d'autre des dentures rectilignes engagées avec les pignons 90 des éléments d'antenne adjacents. Ainsi, les éléments d'antenne associés à une même crémaillère sont répartis alternativement de part et d'autres de la crémaillère.

[0031] Les crémaillères 102 sont montées déplaçables à coulissement suivant la surface du plateau 22. Elles sont maintenues latéralement par les éléments d'antenne disposés de part et d'autre.

[0032] Le mécanisme d'entraînement 25 comporte en outre une couronne 104 de commande des crémaillères et un moteur d'entraînement 106 de la couronne de commande 104.

[0033] La couronne 104 prend appui sur l'épaule 38 et est guidée latéralement par la paroi périphérique 40. La couronne est d'axe X1-X1. Elle est déplaçable angulairement par rapport au plateau 22 autour de son axe suivant un débattement angulaire de l'ordre de 60 °.

[0034] Le moteur 106 est fixé à un prolongement du plateau 22 noté 108. Le prolongement s'étend à l'extérieur de l'espace clos délimité par le châssis 26 et la paroi de protection 30. L'arbre de sortie du moteur est équipé d'un pignon 110 reçu dans une gorge 112 de la couronne 104. Cette gorge est en forme d'arc de cercle centré sur l'axe X1-X1 et présente sur une surface cylindrique une denture 114 engagée avec le pignon 110 pour l'entraînement de la couronne sous l'action du moteur 106.

[0035] Chaque crémaillère 102 se prolonge dans l'espace délimité entre l'épaule 38 et la couronne 104. A ses deux extrémités, chaque crémaillère présente un doigt d'entraînement 120 reçu dans une gorge 122 formant came de la couronne de commande 104.

[0036] Les gorges 122 formant came présentent une forme courbe et ont une largeur égale à l'épaisseur du doigt d'entraînement 120. Elles s'étendent généralement suivant une ouverture angulaire autour de la couronne 104 égal au débattement angulaire de la couronne 104 par rapport au plateau 22.

[0037] Les gorges 122 sont symétriques l'une de l'autre pour une même crémaillère par rapport à un diamètre du disque formant le plateau, ce diamètre s'étendant perpendiculairement aux crémaillères 102.

[0038] Le profil des gorges formant came 122 est tel que pour une crémaillère donnée située à une distance R-h du centre du plateau 22, R étant le rayon du plateau, le déplacement de la crémaillère soit tel qu'elle produise un déplacement angulaire de l'élément d'antenne 24 qui lui est engrené égal à $\delta\Phi$ suivant la formule :

$$\delta\Phi = 2\pi h \operatorname{tg} \theta / \lambda \quad (1)$$

où θ est l'angle d'inclinaison par rapport à la normale de la direction d'émission T-T de l'antenne et λ est la longueur d'ondes du rayonnement électromagnétique à émettre. De manière générale, l'inclinaison des gorges formant la came 22 augmentent d'un côté noté A à l'autre

de la couronne suivant le sens de la flèche F comme cela est visible sur la figure 1.

[0039] Les éléments d'antenne sont ainsi répartis par groupe en étant associés à une même crémaillère. Tous les éléments d'antenne d'un même groupe sont ainsi situés dans une bande s'étendant dans le plan du plateau 22 perpendiculairement à la direction d'émission T-T. Ces éléments d'antenne sont propres à tous être déplacés d'un même décalage angulaire lors d'un déplacement de la crémaillère associée. Le décalage angulaire initial des hélices est calculé pour permettre l'addition cohérente dans l'axe principal de l'antenne pour un positionnement au centre de cette crémaillère pour permettre un débatement du faisceau de part et d'autre de cet axe. Une variante, ne privilégiant qu'un débatement d'un seul côté, correspondrait à un réglage initial des hélices pour permettre l'addition cohérente suivant l'axe principal pour un positionnement des crémaillères en buté.

[0040] L'antenne comporte enfin un mécanisme 150 d'entraînement global en rotation du plateau 22 et de l'ensemble des éléments d'antenne autour de l'axe X1-X1 par rapport au châssis 26. Ce mécanisme comporte un moteur 152 porté par le châssis 26. Il présente sur son arbre de sortie un pignon 154 propre à entraîner le plateau 22. A cet effet, le plateau 22 présente dans le prolongement 108, une fente 156 de forme semi-circulaire centrée sur l'axe X1-X1 dont une paroi 158 présente une denture 160 engagée avec le pignon 154.

[0041] En fonctionnement, dans une telle antenne, le flux électromagnétique arrivant suivant l'axe X1-X1 par l'entrée 27 est répartie suivant la surface de la paroi intermédiaire 28 par le convertisseur de mode 70.

[0042] Le flux alors centripète se trouve capté par les lobes 74A des boucles et réémis par les lobes 74B dans l'espace entre le plateau 22 et la paroi intermédiaire 48. Les boucles 82 des éléments d'antenne 24 captent à nouveau l'onde électromagnétique induisant un courant jusqu'au brin d'émission 84, lequel réémet l'onde électromagnétique suivant une direction et avec une phase qui sont propres au positionnement angulaire des éléments d'antenne.

[0043] Lorsque la couronne 104 est dans une position extrême, tous les éléments d'antenne sont orientés dans la même direction, de sorte qu'ils produisent des ondes électromagnétiques élémentaires avec des déphasages relatifs nuls.

[0044] Lorsque sous l'action du moteur 106, la couronne de commande 104 est déplacée angulairement, les crémaillères 102 se trouvent déplacées parallèlement les unes aux autres en étant entraînées par leurs deux extrémités par les doigts d'entraînement sollicités par une paroi des gorges 122 formant came.

[0045] L'amplitude du déplacement appliqué à chaque crémaillère est défini par la forme de la gorge formant came 122 présente à chaque extrémité de sorte que plus la crémaillère est à l'écart du point A, plus l'amplitude de son déplacement est importante.

[0046] Lors du déplacement des crémaillères, les éléments d'antenne associés se trouvent déplacés angulairement, la crémaillère entraînant le pignon 90 solidaire du brin d'émission 80. Dans ces conditions, on comprend que tous les brins d'émission associés à une même crémaillère et appartenant au même groupe sont déplacés angulairement de la même amplitude, produisant ainsi un déphasage entre les ondes électromagnétiques élémentaires émises par ces éléments d'antenne et ceux des éléments d'antenne associés à d'autres crémaillères qui subissent un déplacement différent.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

ments d'antenne associés se trouvent déplacés angulairement, la crémaillère entraînant le pignon 90 solidaire du brin d'émission 80. Dans ces conditions, on comprend que tous les brins d'émission associés à une même crémaillère et appartenant au même groupe sont déplacés angulairement de la même amplitude, produisant ainsi un déphasage entre les ondes électromagnétiques élémentaires émises par ces éléments d'antenne et ceux des éléments d'antenne associés à d'autres crémaillères qui subissent un déplacement différent.

[0047] On comprend, du fait de la formule (1) que les déphasages appliqués aux éléments d'antenne sont tels qu'en fonction de leur position, les éléments d'antenne produisent une onde électromagnétique dont le déphasage correspond au déphasage existant entre l'onde réellement émise et l'onde qui aurait été émise par des éléments d'antenne situés dans un plan décalé angulairement d'un angle θ par rapport au plan du plateau 22. Ainsi, l'onde électromagnétique résultant des ondes élémentaires produites par les éléments dans cohérente, les ondes élémentaires étant en phase dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation T-T et que cette onde cohérente d'antenne se propageant suivant la direction T-T est décalée angulairement d'un angle θ par rapport à la normale du plateau 22.

[0048] On comprend qu'un tel agencement permet de modifier la direction de propagation de l'onde suivant un angle θ qui dépend de la position de la couronne de commande 104, laquelle est commandée par le moteur 106. Lors d'une rotation de 360° de la couronne 104 la direction de propagation T-T décrit un cône de révolution suivant l'axe X1-X1 et de demi-angle au sommet θ . L'angle θ est réglable de façon indépendante du mouvement d'ensemble et permet ainsi la réalisation d'un pointage en deux dimensions sur un angle solide de demi-angle au sommet $\theta_{\max}$ ($\theta_{\max}$ étant l'angle lors du débatement maximal des crémaillères)

[0049] De même, le moteur 152 par action sur le plateau 22 au travers du pignon 154 engrené avec la denture 158 permet un déplacement global de tous les éléments d'antenne d'un même décalage angulaire autour de leur l'axe X2-X2 par déplacement du plateau 22, permettant ainsi de déphaser l'ensemble des éléments d'antenne et donc de l'antenne.. Ce déphaseur est apte à fonctionner sur une large gamme de fréquence et à très forte puissance.

[0050] L'antenne ainsi formée permet donc, sans élément articulé dans le conduit de guidage d'amenée de l'onde, d'émettre une onde décalée angulairement.

[0051] Ce décalage angulaire est obtenu sans qu'il soit besoin de bouger angulairement le châssis de l'antenne et son radome.

[0052] Suivant une variante de réalisation, illustrée en regard de la figure 4, chaque élément d'antenne 24 est formé d'un brin rayonnant 184 monté fixe en rotation par rapport au panneau 22. Tous les brins sont identiques et sont orientés de manière identique. Chaque brin est associé à une lentille de focalisation 186 disposée au

droit du brin correspondant. Cette lentille est propre à focaliser l'onde électromagnétique produite le brin.

[0053] Ces lentilles sont associées à un mécanisme 188 de déplacement angulaire de chaque lentille 186 autour de deux axes 188A, 188B s'étendant perpendiculairement l'un à l'autre et parallèlement au plateau 22. Le mécanisme 188 est tel que toutes les lentilles présentent une même orientation, permettant ainsi une déviation d'un angle θ de l'ensemble des ondes électromagnétiques élémentaires émises initialement normalement au plateau 22 par chacun des brins 184.

[0054] On conçoit qu'avec un tel agencement, l'onde cohérente produite par l'addition des ondes électromagnétiques élémentaires produites par chaque élément d'antenne se propage suivant un angle prédéfini θ par rapport à la normale au plateau 22.

[0055] Sur la figure 5 est représentée encore une variante de réalisation. Dans ce mode de réalisation, le brin d'antenne noté 284, correspondant au brin rayonnant 84, est enroulé autour d'un mat déformable élastiquement 286. En l'absence de sollicitation, le mat 286 s'étend perpendiculairement au plateau 22.

[0056] Comme précédemment, le mat 286 est lié à un mécanisme 188 de déplacement de son extrémité, permettant ainsi un fléchissement de l'axe de l'hélice du brin 284 par déformation du mat 286. Ainsi, le mécanisme 188 assure une émission de l'onde élémentaire produite par chaque brin suivant une direction décalée angulairement par rapport à la normale à la paroi 22.

[0057] Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 6, une lentille de focalisation 288 est ajoutée à l'agencement décrit en regard de la figure 5. Cette lentille est placée à l'extrémité libre du mat 286.

[0058] Suivant une variante du mode de réalisation de la figure 1, la paroi 48 est supprimée et les éléments d'antenne sont alors alimentés depuis le centre. Le convertisseur de mode 70 est porté par la face inférieure de la paroi 22.

Revendications

1. Antenne radiofréquence comportant un châssis (26) et une surface d'émission (22) portant un ensemble d'éléments d'antenne rayonnant (24), chacun suivant une direction d'émission propre, chaque élément d'antenne (24) étant au moins partiellement déplaçable par rapport à la surface d'émission (22) pour modifier son déphasage et comportant des moyens (25) de déplacement des éléments d'antenne (24) de manière coordonnée suivant ladite surface (24) pour former, à partir des ondes élémentaires produites par les éléments d'antenne (24), une onde cohérente se propageant suivant une direction décalée angulairement par rapport à la normale à la surface d'émission (T-T), les moyens (25) de déplacement comportant des crémaillères (102) montées coulissantes par rapport à la surface d'émission (22)

et les brins d'émission (80) étant solidaires de pignons d'entraînement en prise avec les crémaillères (102), les moyens (25) de déplacement comportant un mécanisme (104, 106) de déplacement synchronisé des crémaillères (102),

caractérisée en ce que le mécanisme de déplacement synchronisé (104, 106) comporte une couronne de commande (104) rotative par rapport au châssis (26) et pourvue de cames (122) de commande des crémaillères (102), les crémaillères étant chacune équipées d'au moins un suiveur de came (120) coopérant avec une came (122), et un moteur (106) d'entraînement en rotation de la couronne (104).

2. Antenne radiofréquence selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les éléments d'antenne (24) sont répartis par groupes d'éléments d'antenne, les éléments d'un même groupe étant présents dans une bande de la surface d'émission s'étendant perpendiculairement à la projection de la direction d'émission (T-T) sur la surface, les éléments d'antenne d'un même groupe étant positionnés pour produire des ondes élémentaires ayant un même déphasage par rapport aux ondes produites par des éléments d'antenne d'un autre groupe.
3. Antenne radiofréquence selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les moyens (25) de déplacement des éléments d'antenne sont propres à positionner les éléments d'antenne (24) pour qu'ils produisent chacun une onde élémentaire déphasée d'un déphasage $\delta\Phi$ par rapport aux autres éléments d'antenne (24) défini par :

$$\delta\Phi = 2\pi h \operatorname{tg}\theta / \lambda$$

où θ est l'angle d'inclinaison de la direction d'émission (T-T) par rapport à la normale à la surface d'émission (22), λ est la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique ; et h est la distance de l'élément d'antenne (24) à un axe de référence mesurée suivant la direction d'émission (T-T) sur la surface d'émission (22).

4. Antenne radiofréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments d'antenne (24) comportant chacun un brin d'émission (80) monté rotatif par rapport à la surface d'émission (22) et les moyens (25) de déplacement des éléments d'antenne (24) sont propres à entraîner les éléments d'antenne (24) en rotation.
5. Antenne radiofréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la surface d'émission (22) portant les éléments

d'antenne rayonnants (24) est rotative par rapport au châssis (26) et **en ce qu'**elle comporte des moyens (152) d'entraînement en rotation de la surface d'émission (22).

5

6. Antenne radiofréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le châssis (26) délimite un espace clos (26) sous vide dans lequel sont contenus les éléments d'antenne et **en ce qu'**elle comporte des colonnettes de reprise d'effort entre le châssis (26) et la surface d'émission (22).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

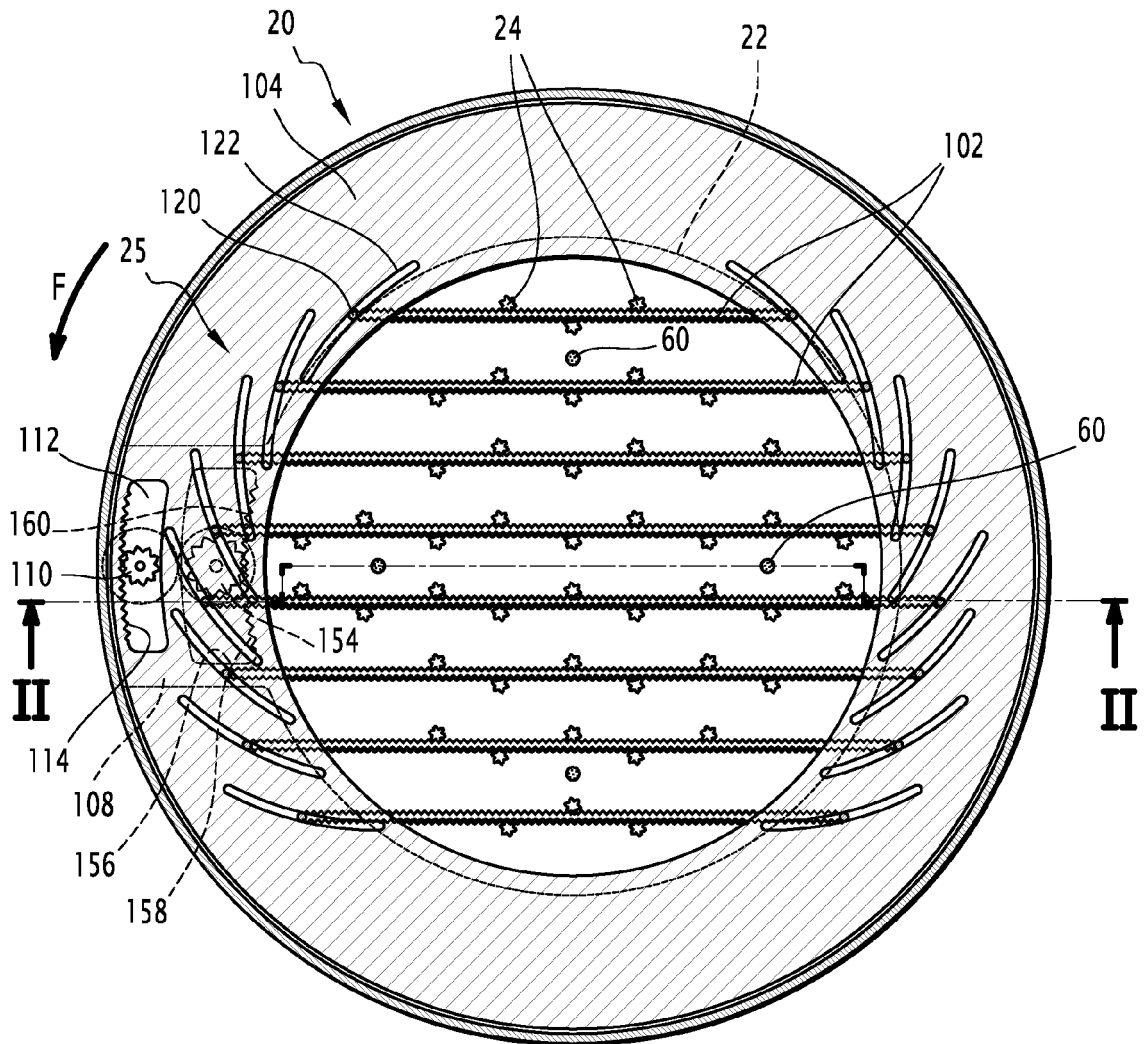


FIG.1

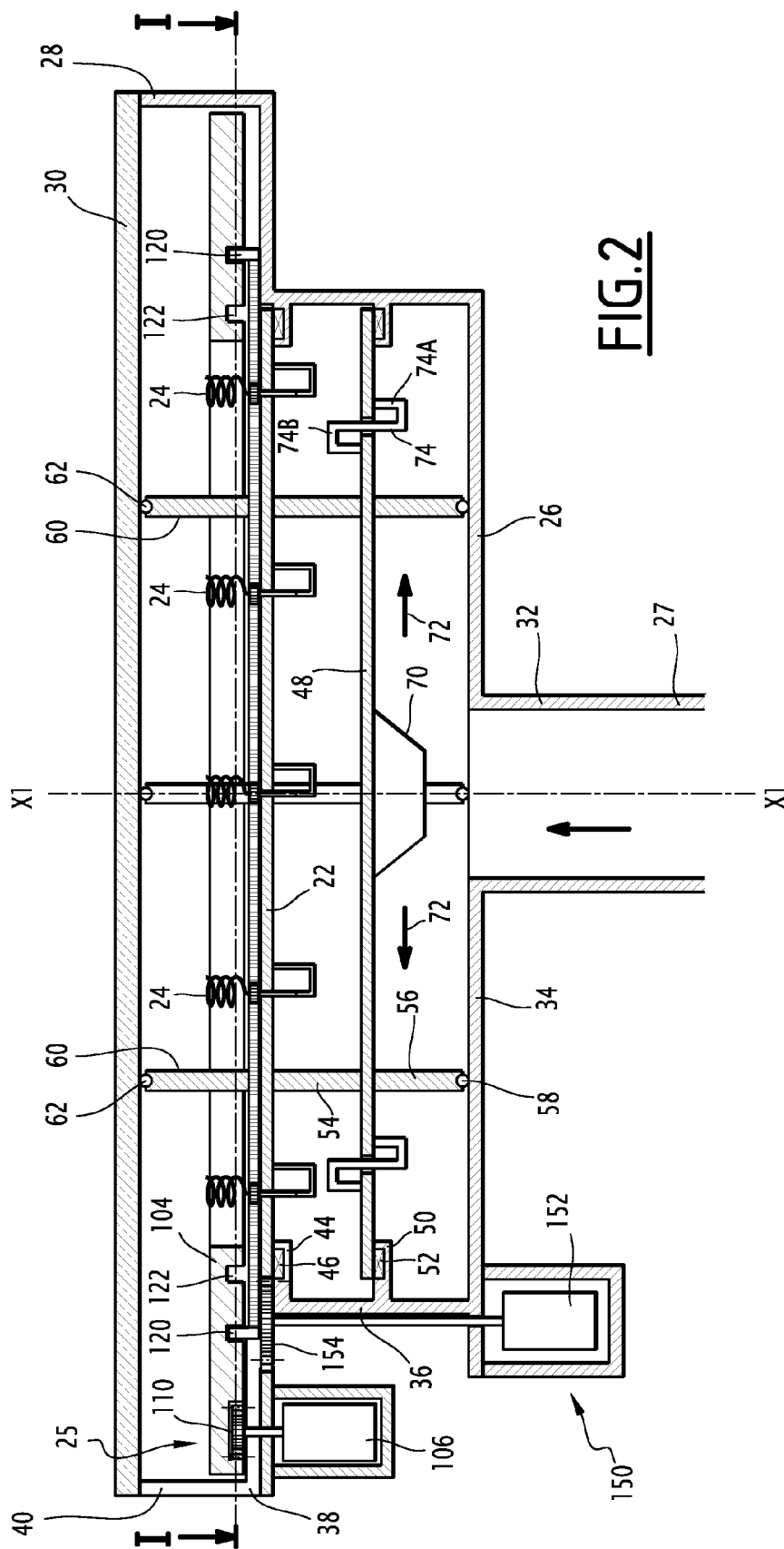
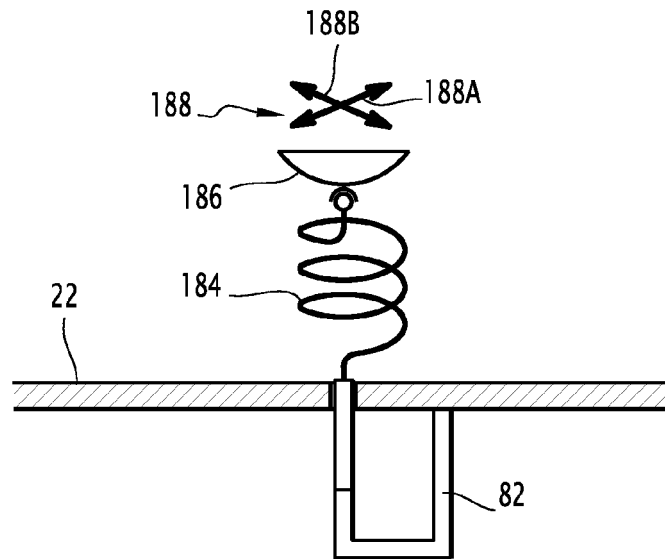
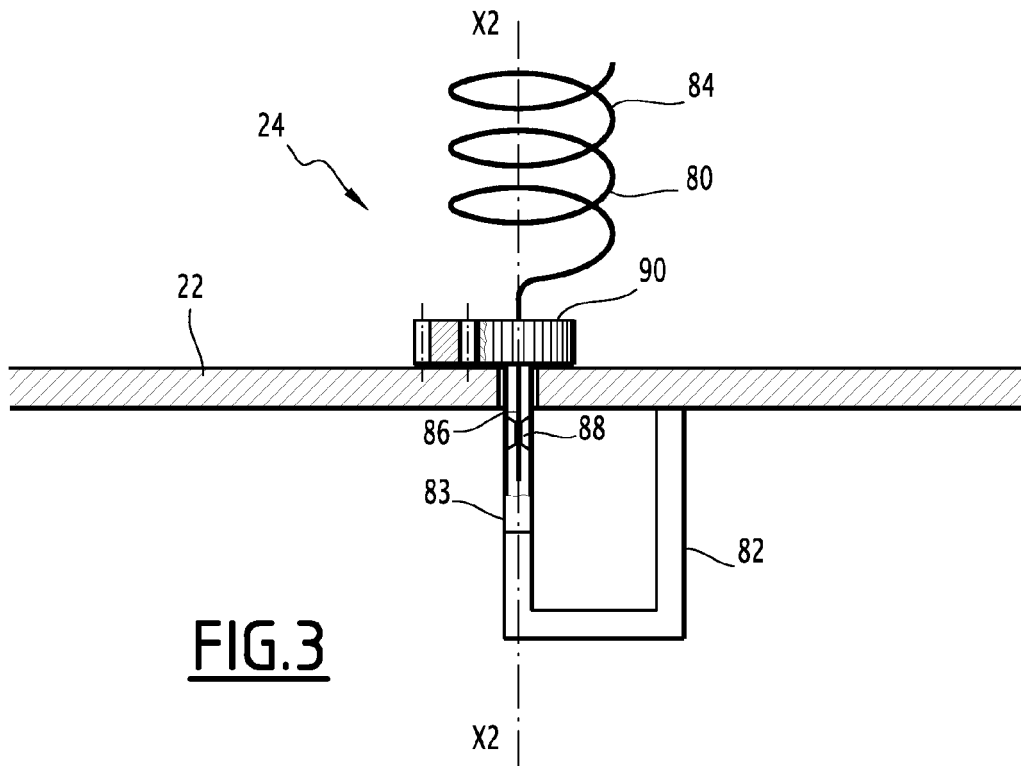


FIG. 2



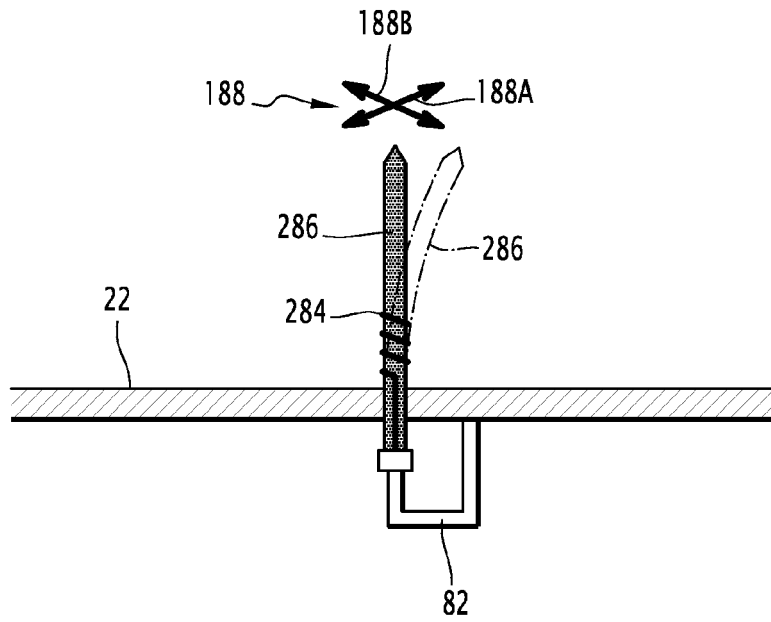


FIG. 5

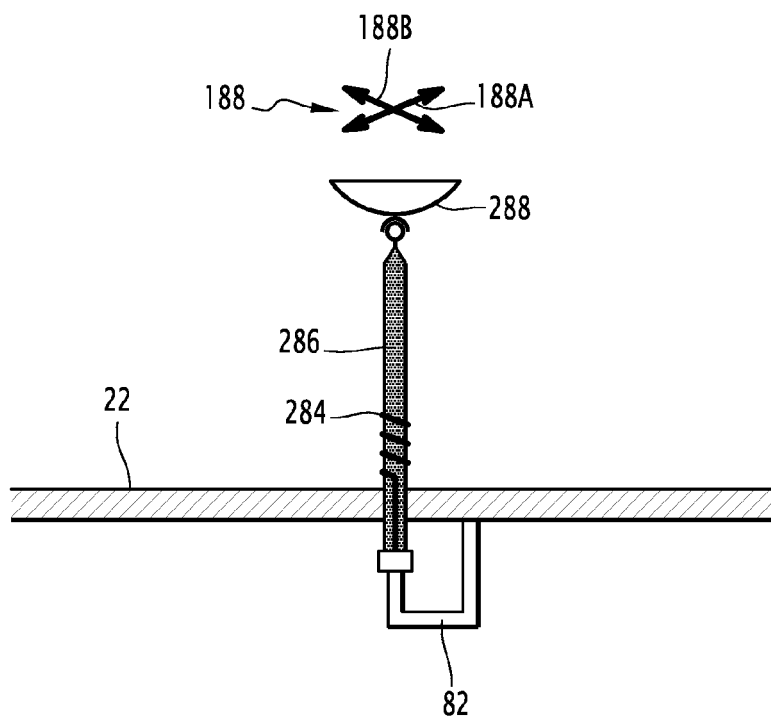


FIG. 6



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 30 6778

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	US 4 427 984 A (ANDERSON ROY E [US]) 24 janvier 1984 (1984-01-24) * colonne 1, ligne 62 - colonne 3, ligne 39 * * colonne 5, ligne 22 - colonne 7, ligne 43 * * figures 1-5 * -----	1-6	INV. H01Q3/01 H01Q3/04 H01Q3/14 H01Q3/32 H01Q11/08 H01Q19/06 H01Q21/06
A	US 6 407 714 B1 (BUTLER DEREK A [CA] ET AL) 18 juin 2002 (2002-06-18) * colonne 1, ligne 6 - ligne 10 * * colonne 2, ligne 8 - ligne 20 * * colonne 3, ligne 39 - colonne 4, ligne 26 * * colonne 5, ligne 7 - colonne 6, ligne 58 * * figures 1-5 * -----	1-6	
A	WO 03/043124 A1 (EMS TECHNOLOGIES INC [US]; HOWELL JAMES M [US]; FREEMAN ROBERT A [US]) 22 mai 2003 (2003-05-22) * page 8, ligne 11 - ligne 19 * * page 11, ligne 4 - ligne 17 * * figures 2, 6 * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
A	JP 6 077722 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 18 mars 1994 (1994-03-18) * abrégé * * alinéa [0001] * * alinéa [0031] * * figures 5, 6, 9, 10 * -----	1	
A	US 3 005 983 A (CHANDLER CHARLES H) 24 octobre 1961 (1961-10-24) * le document en entier * ----- -/--	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 23 mars 2012	Examineur Köppe, Maro
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	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 30 6778

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	EP 1 217 686 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26 juin 2002 (2002-06-26) * abrégé * * figure 2 *	1	
A	US 6 552 695 B1 (STRICKLAND PETER C [CA]) 22 avril 2003 (2003-04-22) * colonne 5, ligne 14 - colonne 8, ligne 17 * * figures 2-6 *	1-6	
A	US 2 663 869 A (DONALD ADCOCK MACK ET AL) 22 décembre 1953 (1953-12-22) * le document en entier *	1	
T	E. Roubine, S. Drabowitch, C. Ancona: "Réseaux" In: "Antennes", 1 janvier 1986 (1986-01-01), Masson, Paris, XP055003238, ISBN: 978-2-22-580626-1 pages 94-112, * le document en entier *	3	
			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 23 mars 2012	Examineur Köppe, Maro
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			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 11 30 6778

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.

23-03-2012

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4427984	A	24-01-1984	AUCUN	
US 6407714	B1	18-06-2002	US 6407714 B1	18-06-2002
			US 2002196193 A1	26-12-2002
WO 03043124	A1	22-05-2003	AT 403949 T	15-08-2008
			BR 0214195 A	31-08-2004
			CA 2466743 A1	22-05-2003
			CN 1602564 A	30-03-2005
			EP 1456903 A1	15-09-2004
			JP 2005510104 A	14-04-2005
			MX PA04004447 A	16-05-2005
			WO 03043124 A1	22-05-2003
JP 6077722	A	18-03-1994	AUCUN	
US 3005983	A	24-10-1961	AUCUN	
EP 1217686	A2	26-06-2002	DE 10065024 A1	04-07-2002
			EP 1217686 A2	26-06-2002
US 6552695	B1	22-04-2003	AUCUN	
US 2663869	A	22-12-1953	AUCUN	

EPO FORM P0460

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 6115005 A [0002]

Littérature non-brevet citée dans la description

- LI, X.Q. ; LIU, Q.X. ; ZHANG, J.Q. ; ZHAO, L. ; ZHANG, Z.Q. The high-power radial line helical circular array antenna: Theory and development. *Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), 2010, International Conference, 08 Mai 2010, 671-674* [0002]