



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.07.2020 Bulletin 2020/29

(51) Int Cl.:
H01P 1/06 (2006.01) H01P 3/123 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19214965.6**

(22) Date de dépôt: **10.12.2019**

(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

(30) Priorité: **18.12.2018 FR 1873020**

(71) Demandeurs:
• **Thales**
92400 Courbevoie (FR)
• **CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES**
75039 Paris Cedex 01 (FR)

(72) Inventeurs:
• **VYNOHRADOV, Dimitri**
31100 Toulouse (FR)
• **BROSSIER, Jérôme**
31470 Fonsorbes (FR)
• **MONTEILLET, Benjamin**
31100 Toulouse (FR)
• **LORENZO, Jérôme**
31880 La Salvétat Saint Gilles (FR)
• **FERRANDO, Nicolas**
31170 Tournefeuille (FR)

(74) Mandataire: **Tanguy, Yannick**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble Visium
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(54) **JOINT TOURNANT RADIOFREQUENCE RF POUR DISPOSITIF ROTATIF DE GUIDAGE D'ONDES RF ET DISPOSITIF ROTATIF RF INCLUANT UN TEL JOINT**

(57) Un joint tournant RF autour d'un axe de rotation (Z) comporte un nombre N, supérieur ou égal à 1, de voies de transmission RF, une première surface interne de symétrie de révolution autour de l'axe (Z) et de transmission RF ayant un premier rayon interne r1, et une deuxième surface externe de symétrie de révolution autour de l'axe (Z) et de transmission RF ayant un deuxième rayon externe r2, strictement inférieur audit premier rayon interne r1.

Les première et deuxième surfaces de transmission RF en vis-à-vis et mobiles en rotation autour de l'axe (Z) sont configurées au travers des premier et deuxième rayons r1, r2, la géométrie des premier et deuxième accès RF, et la géométrie des premier et deuxième moyens de confinement et guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF Vi, i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde tournant RF, et
- les N premiers d'onde tournants RF sont répartis angulairement sur un nombre NC prédéterminé, supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à N, de tronçons de surfaces de révolutions autour de l'axe (Z) de la deuxième surface de transmission RF, chacun des NC tronçon(s) étant situé(s) le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) à un niveau différent L1(k) prédéterminé.

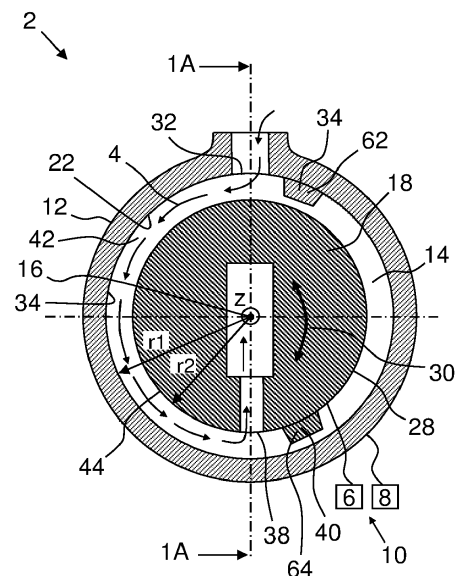


FIG.1B

Description

[0001] La présente invention concerne un joint tournant radiofréquence RF (en anglais « RadioFrequency ») ayant une ou plusieurs voies de transmission radiofréquence RF pour raccorder une première partie fixe d'un dispositif rotatif radiofréquence de guidage d'ondes électromagnétiques à une deuxième partie rotative par rapport à la première partie dudit dispositif rotatif radiofréquence et transmettre des ondes électromagnétiques entre la première partie et la deuxième partie du dispositif rotatif radiofréquence y compris pendant la rotation de ce dernier.

[0002] La présente invention concerne également un dispositif rotatif radiofréquence, par exemple une antenne RF rotative incluant un tel joint tournant RF.

[0003] De manière générale, les joints tournants RF, à bande étroite ou large bande, ayant une ou plusieurs voies de transmission RF, sont utiles non seulement aux satellites en orbites basse dits « défilants » qui requièrent des antennes dirigeables ou pointables (en anglais « steerable ») mais également aux satellites géostationnaires pour certaines de leurs antennes, comme des antennes de face Terre par exemple.

[0004] De tels joints tournants RF peuvent également être utiles à des antennes sol comme par exemple des antennes passerelles à un ou plusieurs satellites d'un système spatial, lesdites antennes faisant partie de stations passerelles d'accès, dénommées « Gateways » en anglais.

[0005] Parmi les structures de joints tournants RF connues, un premier document FR 3 029 018 décrit un joint tournant RF, alimenté par deux chaînes RF excitatrices, polarisantes et diplextantes. Ce joint tournant de transmission RF est constitué de deux parties distinctes, respectivement fixe et rotative, emmanchées entre elles sans contact, parallèlement à l'axe longitudinal dudit joint, les deux parties fixe et rotative comportant une ouverture axiale cylindrique traversante formant un guide d'onde cylindrique axial commun aux deux parties fixe et rotative. Les deux parties, respectivement fixe et rotative, du joint tournant forment respectivement un stator et un rotor mobile en rotation autour de l'axe longitudinal. L'ouverture axiale cylindrique traversante du joint tournant formant ainsi un guide d'onde à section circulaire, permet, avec la configuration particulière des deux excitateurs considérés, la propagation de deux ondes électromagnétiques en polarisation circulaire croisée entre les deux excitateurs RF.

[0006] Toutefois, le joint tournant RF décrit dans ce premier document présente plusieurs inconvénients, parmi lesquels :

- une limitation de la bande passante utile de fréquences, inférieure à 1 GHz ; et
- un nombre limité des voies de transmission RF, ici deux voies RF émission Tx et deux voies RF réception Rx, difficilement extensibles ; et

tion Rx, difficilement extensibles ; et

- une complexité de réalisation.

[0007] Afin de remédier aux inconvénients précités, un joint tournant de transmission RF large bande pour une antenne RF rotative est décrit dans la demande de brevet, intitulée « Joint tournant pour une antenne rotative et antenne rotative comportant un tel joint », déposée le 19 septembre sous numéro de dépôt FR1700950, et formant un deuxième document. L'antenne RF rotative comporte une première partie d'antenne et une deuxième partie d'antenne, rotative par rapport à la première partie, et le joint tournant RF est configuré pour raccorder les première et deuxième parties de l'antenne RF rotative, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties. Le joint tournant présente la forme globale d'un secteur d'anneau avec une ouverture variable et un centre d'anneau, et comporte un axe de rotation (X) passant par le centre d'anneau, une pluralité de directions circonférentielles s'étendant suivant cercles concentriques disposés autour de l'axe de rotation (X).

[0008] Le joint tournant RF large bande décrit par le deuxième document comporte :

- un stator destiné à être fixé sur la première partie de l'antenne, et définissant une première surface de transmission des signaux électromagnétiques RF, perpendiculaire à l'axe de rotation (X) et de la forme d'une portion de bande circulaire d'un disque ; et
- un rotor destiné à être fixé sur la deuxième partie de l'antenne, et définissant une deuxième surface de transmission des signaux électromagnétiques RF, perpendiculaire à l'axe de rotation (X) et de la forme d'une portion de bande circulaire d'un disque.

[0009] L'une des surfaces de transmission comprend des moyens principaux de délimitation des signaux électromagnétiques RF et l'autre comprend des moyens complémentaires de délimitation des signaux électromagnétiques RF.

[0010] Le rotor est monté rotatif par rapport au stator autour de l'axe de rotation (X) de sorte qu'en toute position du rotor, au moins une partie de la surface de transmission du rotor soit disposée en regard d'au moins une partie de la surface de transmission du stator, et ce sans contact entre les deux pièces, hormis les dispositifs de guidage externes, par exemple des roulements à bille.

[0011] En toute position du rotor, les parties en regard des surfaces de transmission du rotor et du stator forment entre elles au moins une voie de transmission des signaux électromagnétiques, la voie de transmission étant délimitée par les moyens principaux et complémentaires de délimitation et s'étendant selon une direction circonférentielle.

[0012] Cette solution de joint tournant RF est basée

sur l'utilisation de méta-matériaux, en confinant l'onde dans le guide à l'aide de plots périodiques, et se comporte comme un guide d'onde coudé suivant le plan de la composante en excitation magnétique H de l'onde. Cette solution, réalisée en deux pièces sans contact, est large bande et présente de bonnes performances RF.

[0013] La forme de réalisation du joint tournant RF, dont la description est détaillée dans le deuxième document, comporte quatre voies de transmission RF, et propose une configuration qui peut être généralisée à un nombre N quelconque de voies de transmission avec un impact non négligeable sur la compacité.

[0014] En effet, la compacité offerte par cette solution étant fonction de l'angle de débattement entre le rotor et le stator, un joint tournant RF, configuré selon cette forme de réalisation pour une antenne d'une mission satellite à orbite basse LEO (en anglais « Low Earth Orbit ») demandant par exemple de l'ordre de $\pm 55^\circ$ de plage angulaire, n'est pas compact. Le rayon de courbure de ce type de joint RF ne peut pas être rendu trop faible car les performances RF sont directement impactées et dégradées, et un diamètre interne minimal du joint d'environ cinq longueurs d'onde doit être respecté. Le volume d'un tel joint tournant RF augmente très vite lorsque le nombre de voies augmente.

[0015] Ainsi, les configurations de joints tournants RF connues à ce jour ne permettent pas de passer l'ensemble de la bande Ka en émission Tx et réception Rx pour deux polarisations différentes des ondes électromagnétiques RF avec des performances d'adaptation radioélectrique suffisantes et un faible encombrement spatial, ainsi qu'un grand débattement angulaire, typiquement ± 55 degrés. En outre, les configurations de joints qui utilisent des méta-matériaux sous forme de réseaux périodiques de plots, requièrent un très grand nombre de plots, par exemple 1500 plots pour un ensemble de deux voies émission Tx et de deux voies réception Rx, ce qui entraîne un usinage long et coûteux. Par ailleurs, ce joint tournant RF connu possède une butée mécanique qui limite les possibilités de gerbage de l'antenne pilotée associée.

[0016] Un premier problème technique est de diminuer l'encombrement d'un joint tournant de transmission RF large bande, en particulier selon la direction radiale d'extension du joint et/ou globalement selon l'ensemble des directions d'extension du joint.

[0017] Un deuxième problème technique est d'augmenter le nombre de voies de transmission RF, i.e. également le nombre d'accès RF, d'un joint tournant de transmission RF large bande à encombrement limité.

[0018] A cet effet, l'invention a pour objet un joint tournant radiofréquence RF pour raccorder radio-électriquement entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties dudit dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, le joint tournant RF comportant :

- une première pièce extérieure, de forme globalement annulaire, ayant une première surface interne de transmission de signaux électromagnétiques, électriquement conductrice, à symétrie de révolution sur un intervalle angulaire d'extension de longueur non nulle et inférieure ou égale à 360 degrés autour d'un axe longitudinal de rotation (Z) ; et
- une deuxième pièce, intérieure à la première pièce, ayant une deuxième surface externe de transmission de signaux électromagnétiques, électriquement conductrice, à symétrie de révolution sur l'intervalle angulaire d'extension autour de l'axe longitudinal (Z), disposée sans contact mécanique en vis-à-vis de la première surface interne et mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (Z) sur un intervalle de rotation angulaire prédéterminé ; et
- un nombre entier N, supérieur ou égal à 1, de voie(s) de transmission RF Vi distinctes, i variant de 1 à N, entre la première partie et la deuxième partie du dispositif rotatif de guidage d'ondes RF ;

la première surface interne de transmission de signaux électromagnétiques, comportant une succession d'un nombre prédéterminé NC, supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à N, de premiers tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés à des premiers niveaux différents L1(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) r1(k) associés, k variant de 1 à NC, et comprenant N premier(s) port(s) d'accès RF et des premiers moyens, à base de méta-matériaux, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et la deuxième surface externe de transmission des signaux électromagnétiques RF, comportant une succession de NC deuxième(s) tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés respectivement aux premiers niveaux différents L1(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de deuxième(s) rayon(s) moyen(s) externe(s) r2(k) associé(s), k variant de 1 à NC, strictement inférieur(s) au(x) premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) correspondant(s) r1(k), et comprenant N deuxième(s) ports d'accès RF et des deuxième(s) moyens à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et les première et deuxième surfaces de transmission RF étant configurées par les premier et deuxième rayons moyens r1(k), r2(k), les premier niveaux longitudinaux L1(k), k variant de 1 à NC, la géométrie des premier et deuxième accès RF, et la géométrie des premier et deuxième moyens de confinement et de guidage RF, de sorte que : chaque voie de transmission RF Vi, i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF différent, et les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis angulairement sur les NC premier(s) tronçon(s) de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), chacun des NC tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) étant situé le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) à son premier

niveau associé $L1(k)$, k variant de 1 à NC.

[0019] Suivant des modes particuliers de réalisation, le joint tournant RF comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- chaque premier guide d'onde glissant courbé RF, associé à une voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, est délimité : en hauteur radiale ou petit côté b_k entre un premier tronçon de surface de révolution et un deuxième tronçon de surface de révolution autour de l'axe (Z) de rang k des première et deuxième surfaces de transmission, k étant compris entre 1 et NC, en hauteur axiale ou grand côté a_k entre les deux premiers murs latéraux de confinement et de guidage des premier et deuxième tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) de rang k , et en longueur entre deux premiers murs d'extrémité circonférentielle de confinement et de guidage, disposés pour l'un à proximité du premier port d'accès RF associé et pour l'autre à proximité du deuxième port d'accès RF associé, sans que l'un d'entre ces deux premiers murs d'extrémité circonférentielle ne s'interpose entre lesdits deux premiers ports d'accès RF ;
- le nombre entier N de voies de transmission RF est égal à 1, et la voie de transmission RF unique V_1 comporte un unique premier guide d'onde glissant courbé, disposé orthogonalement à l'axe longitudinal (Z) de symétrie à un niveau $L1$ prédéterminé ;
- le nombre entier N de voies de transmission RF distinctes V_i est supérieur ou égal à 2, et chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé, et les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis angulairement le long d'un même cercle transversal, disposé orthogonalement à l'axe longitudinal de symétrie à un premier niveau $L1$ prédéterminé ;
- le nombre entier N, de voies de transmission RF distinctes V_i est supérieur ou égal à 2, et chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé, et les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) à des premiers niveaux L_i distincts prédéterminés le long de l'axe (Z), i variant de 1 à N ;
- le nombre entier N de voies de transmission RF distinctes V_i est supérieur ou égal à 3, et chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé, et les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) à un nombre NC de premiers niveaux supérieur ou égal à 2 et strictement inférieur à N ; et au moins deux premiers guides d'onde glissants courbés RF parmi les N premiers guides tournants sont disposés orthogonalement à l'axe de sy-

métrie (Z) à un même niveau prédéterminé et délimités chacun par un secteur angulaire correspondant ;

- le joint tournant radiofréquence RF défini ci-dessus comporte en outre une troisième pièce, extérieure, de forme globalement annulaire, montée côte à côte avec la première pièce extérieure annulaire le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) en étant bloquée en translation le long dudit axe (Z), et en rotation libre avec la première pièce extérieure pour tourner autour de la deuxième pièce intérieure ; et la deuxième pièce intérieure comporte en outre une troisième surface externe de transmission des signaux électromagnétiques RF, électriquement conductrice, à symétrie de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle angulaire d'extension ; et la troisième pièce extérieure comporte une quatrième surface interne de transmission des signaux électromagnétiques RF, électriquement conductrice, à symétrie de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle angulaire d'extension, disposée sans contact mécanique en vis-à-vis de la troisième surface externe et mobile autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle de rotation angulaire prédéterminé ; et la troisième surface extérieure de transmission RF comporte une succession de NC troisièmes tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés à des deuxième niveaux différents $L2(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de troisième(s) rayon(s) moyen(s) externe(s) $r3(k)$ associés, k variant de 1 à NC, et comprend N troisième(s) port(s) d'accès RF et des troisièmes moyens à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et la quatrième surface interne de transmission RF comporte une succession de NC quatrième(s) tronçon(s) de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z), situé(s) respectivement aux deuxième niveaux différents $L2(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal (Z) autour de quatrième(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) $r4(k)$ associé(s), k variant de 1 à NC, strictement inférieur(s) aux troisième(s) rayon(s) moyen(s) externe(s) correspondant(s) $r3(k)$, et comprend N quatrième(s) port(s) d'accès RF et des quatrième(s) moyens à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et les première, deuxième, troisième et quatrième surfaces de transmission RF sont configurées par les premier(s), deuxième(s), troisième(s), quatrième(s) rayons moyens $r1(k)$, $r2(k)$, $r3(k)$, $r4(k)$, les premier(s) et deuxième(s) niveaux longitudinaux $L1(k)$, $L2(k)$, la géométrie des premier, deuxième, troisième, quatrième ports d'accès RF et la géométrie des premiers, deuxième(s), troisième(s), quatrième(s) moyens de confinement et de guidage RF, de sorte que : chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, comporte, connectés en série, un

- premier guide d'onde glissant courbé RF entre la première pièce extérieure et la deuxième pièce intérieure, et un deuxième guide d'onde glissant courbé RF entre la deuxième pièce intérieure et la troisième pièce extérieure; et les N premier et deuxième guides d'onde glissants courbés RF de chaque voie de transmission V_i , i variant de 1 à N, étant différents, disposés orthogonalement à l'axe de symétrie (Z), répartis angulairement et respectivement sur les NC deuxième(s) et troisième(s) tronçons de surface de révolution de la deuxième surface externe et de la troisième surface externe, les deuxième et troisième tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) des premier et deuxième guides d'ondes de chaque voie V_i étant appariés entre eux, ayant un même indice $k(i)$ de deuxième et troisième tronçons sur les deuxième et troisième surfaces et étant situés le long de l'axe longitudinal (Z) à leurs niveaux associés $L1k(i)$, $L2k(i)$;
- la première pièce extérieure comporte N premières bornes RF de raccordement externe de voie, raccordées respectivement une à une aux N premiers ports d'accès RF des N premiers guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la première surface de transmission RF au travers de N premières liaisons de transition correspondantes distinctes, traversant la première pièce extérieure ;
 - la deuxième pièce intérieure comporte N deuxième bornes RF de raccordement externe de voies de transmission RF, raccordées respectivement une à une aux N deuxième ports d'accès RF des premiers guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la deuxième surface de transmission RF au travers de N deuxième liaisons de transition correspondantes distinctes qui traversent longitudinalement et intérieurement la deuxième pièce intérieure ;
 - la première pièce extérieure et la deuxième pièce intérieure sont respectivement un stator et un rotor ou sont respectivement de manière réciproque un rotor et un stator ;
 - la troisième pièce extérieure comporte N deuxième bornes RF de raccordement externe de voie de transmission RF, raccordées respectivement une à une aux N quatrième ports d'accès RF des N deuxième guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la quatrième surface de transmission RF au travers de N deuxième liaisons de transition correspondantes distinctes, traversant la troisième pièce extérieure, et les N deuxième ports d'accès des premiers guides d'ondes glissants courbés sont raccordées un à un pour par voie de transmission unitaire aux N troisième ports d'accès des deuxième guides d'onde glissants courbés ;
 - la première pièce extérieure et la troisième pièce extérieure sont respectivement un stator et un rotor ou sont respectivement de manière réciproque un rotor et un stator ;
 - les deux murs latéraux de confinement et de guidage

de chaque premier guide d'onde glissant courbé sont formés chacun d'un réseau uni-ou bidimensionnel de plots à surface électriquement conductrice ; et les plots des deux murs latéraux de chaque premier guide d'onde glissant courbé sont élançés et font saillie depuis une seule et même surface circonferentielle électriquement conductrice du premier guide d'onde, ou depuis les deux surfaces circonferentielles électriquement conductrices du premier guide d'onde à raison d'un mur latéral par surface circonferentielle, ou par entrelacement des plots depuis les deux surfaces circonferentielles électriquement conductrices pour au moins un mur latéral pris parmi les deux murs latéraux ;

- les deux murs d'extrémités circonferentielles de confinement et de guidage de chaque premier guide d'onde glissant courbé sont disposés de part et d'autre des premier et deuxième accès RF ; et les deux murs d'extrémités circonferentielles de confinement et de guidage sont formés chacun d'un réseau uni-ou bidimensionnel de plots à surface électriquement conductrice, et les plots des deux murs d'extrémités circonferentielles sont élançés et font saillie respectivement depuis la première surface de transmission pour le premier mur d'extrémité associé à et disposé au voisinage du premier accès RF et depuis la deuxième surface de transmission pour le deuxième mur d'extrémité associé à et disposé au voisinage du deuxième accès RF ;
- les plots des murs d'extrémité de la ou de plusieurs voies de transmissions RF situées à un même niveau longitudinal sont formés par des lignes circonferentielles de plots agencées en peigne de sorte à permettre un croisement libre mécanique des premier et des deuxième murs d'extrémité lorsque les première et deuxième pièces tournent l'une par rapport à l'autre tout en assurant leur fonction de confinement des ondes électromagnétiques ;
- des moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF pris parmi les premiers et deuxième moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF sont partagés entre des premiers guides d'onde glissants courbés circonferentiellement ou latéralement adjacents ;
- les premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) $r1(k)$ et les deuxième(s) rayons moyen(s) externes $r2(k)$, k variant de 1 à NC, sont respectivement égaux à une première constante $r1$ et à une deuxième constante $r2$;
- le nombre NC de tronçons de la première surface de transmission, respectivement de tronçons de la deuxième surface de transmission, est supérieur ou égal à 2, et au moins deux tronçons de la première surface de transmission ont des premiers rayons internes différents ; et les aux moins deux tronçons de la deuxième surface de transmission, associés en vis-à-vis, ont des deuxième rayons externes

- différents ;
- les NC premiers tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindriques autour de l'axe (Z), situés à des premiers niveaux différents L1(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des premier(s) rayon(s) interne(s) r1(k), k variant de 1 à NC ; et les NC deuxièmes tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindriques autour de l'axe (Z), situés respectivement aux premiers niveaux différents L1(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des deuxième(s) rayon(s) externe(s) r2(k), k variant de 1 à NC ; et/ou les NC troisièmes tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindriques autour de l'axe (Z), situés à des deuxièmes niveaux différents L2(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des troisième(s) rayon(s) externe(s) r3(k), k variant de 1 à NC ; et les NC quatrième(s) tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindriques autour de l'axe (Z), situés respectivement aux deuxième(s) niveaux différents L2(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des quatrième(s) rayon(s) interne(s) r4(k), k variant de 1 à NC.

L'invention a également pour objet un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF comprenant : une première partie une deuxième partie rotative par rapport à la première partie, et un joint tournant RF tel quel décrit ci-dessus, destiné à raccorder les première et deuxième parties dudit dispositif rotatif et à transmettre des signaux électromagnétiques entre ces deux parties.

[0020] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description de plusieurs formes de réalisation qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

[Fig 1A] et

[Fig. 1B] sont respectivement une première coupe longitudinale selon un plan de coupe 1A-1A et une deuxième coupe transversale selon un plan de coupe 1B-1B d'une première forme de réalisation d'un joint tournant RF selon l'invention dans laquelle le joint tournant RF comporte une voie de transmission RF unique ;

[Fig. 2A],

[Fig. 2B] et

[Fig. 2C] sont respectivement une première vue développée planaire de la voie de transmission RF unique courbée formée par l'assemblage des première et deuxième faces ou surfaces de transmission RF

d'un premier guide d'onde glissant courbé, ici unique, formant le joint tournant RF des Figures 1A et 1B, une deuxième vue développée planaire de la première surface courbée de transmission RF dudit premier guide d'onde glissant courbé, et une troisième vue développée planaire de la deuxième surface courbée de transmission RF dudit premier guide d'onde glissant courbé ;

[Fig. 3] est une vue partielle d'un premier guide d'onde générique glissant courbé, formant par exemple la voie de transmission RF du joint tournant selon l'invention des Figures 1A-1B et 2A-2C qui détaille la structure des méta-matériaux utilisés par les deux murs latéraux de confinement des ondes électromagnétiques RF à l'intérieur du premier guide d'onde tournant RF, les deux murs latéraux de confinement ayant tous un même rayon de courbure dans leurs plans transverses radiaux respectifs égal au premier rayon interne de la première pièce annulaire ;

[Fig. 4A],

[Fig 4B] et

[Fig. 4C] sont respectivement des première, deuxième et troisième vues de configurations d'agencements possibles des deux murs latéraux de confinement d'un premier guide d'onde glissant courbé d'une voie de transmission RF sur les première et deuxième surfaces de transmission RF ;

[Fig. 5] est une vue d'une coupe transversale d'une forme de réalisation particulière en peigne d'un premier mur de confinement d'extrémité circonferentielle et d'un deuxième mur de confinement d'extrémité circonferentielle dans une position relative de croisement qui permet une rotation mécanique sur un tour complet entre la première pièce annulaire et la deuxième pièce cylindrique ou tubulaire ;

[Fig. 6A] et

[Fig. 6B] sont respectivement une première vue de courbure non nulle plan H (composante en champ magnétique) d'un guide d'onde glissant courbé RF, éventuellement large bande, selon le deuxième document de l'état de la technique et une deuxième vue de courbure non nulle plan E (composante en champ électrique) du premier guide d'onde glissant courbé RF, éventuellement large bande, selon l'invention des Figures 1A et 1B ;

[Fig. 7A] et

[Fig 7B] sont respectivement une coupe longitudinale selon un plan de coupe longitudinal 7A-7A et une coupe transversale selon un plan de coupe trans-

versal 7B-7B d'une deuxième forme de réalisation d'un joint tournant RF selon l'invention, généralisant le joint tournant RF de la première forme de réalisation des Figures 1A et 1B, et dans laquelle le joint tournant RF comporte deux voies de transmission RF, réalisées à l'aide de deux premiers guides d'onde glissants courbés RF, éventuellement large bande, répartis angulairement sur un même cercle transversal de la deuxième surface de transmission RF, contenu dans un plan transversal situé à un niveau prédéterminé le long de l'axe de symétrie longitudinale et de rotation (Z) ;

[Fig. 8A],

[Fig. 8B] et

[Fig. 8C] sont respectivement une première coupe transversale selon un premier plan transversal de coupe 8A-8A situé à un premier niveau longitudinal L1 sur l'axe de symétrie longitudinale et de rotation (Z), une deuxième coupe transversale selon un deuxième plan transversal de coupe 8B-8B situé à un deuxième niveau longitudinal L2 sur l'axe de symétrie longitudinale et de rotation (Z), et une troisième coupe longitudinale selon un troisième plan longitudinal de coupe 8C-8C d'une troisième forme de réalisation d'un joint tournant RF selon l'invention, généralisant le joint tournant RF de la première forme de réalisation des Figures 1A et 1B et de la deuxième forme de réalisation du joint tournant des Figures 7A-7B, dans laquelle le joint tournant RF comporte deux voies de transmission RF, réalisées à l'aide de deux guides d'onde glissants courbés RF, éventuellement large bande, répartis longitudinalement sur l'axe de symétrie longitudinale et de rotation (Z) à deux niveaux différents le long L1, L2 de deux cercles transversaux différents de la deuxième surface de transmission RF sensiblement de même deuxième rayon externe r_2 ;

[Fig. 9] est une vue externe d'un joint tournant RF selon une quatrième forme de réalisation de l'invention, hybride des deuxième et troisième formes de réalisation des Figures 7A-7B et 8A-8C, dans laquelle le joint tournant RF comporte quatre voies de transmission RF, deux d'émission Tx et deux de réception Rx, à quatre ports RF d'entrée de raccordement externe, situés vers l'extérieur sur la première pièce annulaire formant ici un stator, et à quatre ports RF de sortie de raccordement externe, situés vers l'intérieur sur la face interne tubulaire de la deuxième pièce cylindrique formant ici un rotor, les quatre voies de transmission RF étant réalisée ici à l'aide de quatre premiers guides d'onde glissants courbés RF large bande, deux premiers guides d'ondes glissants dédiés aux deux voies de transmission RF en réception Rx étant réparties angulairement sur un même

premier cercle transversal de la deuxième surface de transmission, situé à un premier niveau longitudinal L1, et deux premiers guides d'ondes glissants dédiés aux deux voies de transmission RF en émission Tx étant réparties angulairement sur un même deuxième cercle transversal de la deuxième surface de transmission, situé à un deuxième niveau longitudinal L2 ;

[Fig. 10] est une vue comparative des tailles et encombrements respectifs d'un joint tournant RF large bande suivant la structure connue décrite dans le deuxième document cité et d'un joint tournant RF large bande selon la quatrième forme de réalisation de l'invention dont les exigences en termes de performances de transmission RF (nombre de voies de transmission RF, fréquence et largeur de bande) et de débattement angulaire sont identiques à celles de la Figure 10 ;

[Fig 11A],

[Fig. 11B] et

[Fig. 11C] sont respectivement des vues de trois positions angulaires relatives de la deuxième pièce maie cylindrique, formant ici un rotor, et la première pièce femelle annulaire, formant ici un stator, correspondant à un débattement extrémal dans un sens, une position neutre et un débattement extrémal dans l'autre sens ;

[Fig. 12A],

[Fig. 12B] et

[Fig. 12C] sont respectivement une première coupe transversale selon un premier plan transversal de coupe 12A-12A situé à un premier niveau longitudinal L1 sur l'axe de symétrie longitudinale et de rotation (Z), une deuxième coupe transversale selon un deuxième plan transversal de coupe 12B-12B situé à un deuxième niveau longitudinal L2 sur l'axe de symétrie longitudinale et de rotation (Z), et une troisième coupe longitudinale selon un troisième plan longitudinal de coupe 12C-12C d'un cinquième forme de réalisation d'un joint tournant RF selon l'invention, dans laquelle le joint tournant RF comporte ici une unique voie de transmission RF, réalisée à l'aide d'un premier guide d'onde glissant courbé RF, éventuellement large bande, entre la première pièce annulaire et la deuxième pièce cylindrique et d'un deuxième guide d'onde glissant courbé RF large bande entre la deuxième pièce cylindrique et une troisième pièce annulaire, les premier et deuxième guides glissants courbés RF, éventuellement large bande, étant montés en série et côte à côte le long de l'axe de symétrie longitudinale et de rotation, et

la deuxième pièce étant montée en rotation libre vis à vis de la première pièce extérieure et de la troisième pièce extérieure.

[0021] Un premier concept sous-jacent de l'invention est d'utiliser des méta-matériaux pour remplacer les parois métalliques de confinement des ondes électromagnétiques d'un ou plusieurs guide d'onde tournant RF et de rendre le ou les guides d'ondes tournant RF sans contact selon le principe du guide d'onde à ouverture en forme de gorge ou cannelure (en anglais « groove gap waveguide »), décrit par exemple dans le document de Eva Rajo-Iglesias et al., intitulé « Groove Gap Waveguide : A Rectangular Waveguide Between Contactless Metal Plates Enabled by Parallel-Plate Cut-Off », et publié dans Proceedings of the Fourth European Conference on Antenna and Propagation, 08 July 2010.

[0022] Un deuxième concept sous-jacent de l'invention est de choisir une structure guidante pour le guide d'onde glissant courbé RF selon le plan E en composante électrique du champ électromagnétique au lieu du plan H en composante d'excitation magnétique du même champ électromagnétique, ce qui permet d'avoir un rayon de courbure radial plus faible et d'obtenir un joint tournant RF bien plus compact.

[0023] Suivant les Figures 1A et 1B et une première forme de réalisation, un joint tournant radiofréquence RF 2 selon l'invention comporte ici une voie de transmission RF unique 4.

[0024] Le joint tournant radiofréquence RF 2 est configuré pour raccorder mécaniquement entre elles des première et deuxième parties 6, 8 d'un dispositif rotatif 10 de guidages d'ondes RF, par exemple d'une antenne RF rotative, illustrées schématiquement et seulement sur la Figure 1A pour simplifier la lecture, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties 6, 8 de l'antenne rotative 10.

[0025] Le joint tournant radiofréquence RF 2 comporte :

- une première pièce 12, extérieure, de forme globalement annulaire, entourant un trou 14, par exemple de forme cylindrique, qui est traversé par un axe longitudinal de symétrie cylindrique et de rotation (Z) 16, et
- une deuxième pièce 18, intérieure, par exemple de forme externe cylindrique, monté dans le trou 14 pour tourner autour de l'axe de rotation et de symétrie de révolution 16 (Z).

[0026] La première pièce extérieure 12 comporte une première surface interne 22 métallique de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant ici une forme cylindrique, définie par un premier rayon interne r_1 égal au rayon du trou cylindrique 14.

[0027] La deuxième pièce intérieure 18 comporte une deuxième surface externe 28 métallique de transmission

des signaux électromagnétiques RF, ayant ici une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe r_2 , strictement inférieur au premier interne rayon r_1 , et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission 22 autour de l'axe (Z) 16, suivant un angle de déplacement angulaire α , compris dans une plage d'ouverture angulaire 30 prédéterminée.

[0028] La première surface interne de transmission 22 comprend ici un unique premier port d'accès RF 32 et des premiers moyens 34 de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF, utilisant des méta-matériaux comme par exemple des structures périodiques de plots à surface électriquement conductrices.

[0029] La deuxième surface externe de transmission 28 comprend ici un unique deuxième accès RF 38 et des deuxièmes moyens 40 de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF, utilisant des méta-matériaux comme par exemple des structures périodiques de plots à surface électriquement conductrices.

[0030] Les première et deuxième surfaces de transmission 22, 28 sont configurées par les premier et deuxième rayons r_1 , r_2 , la géométrie des premier et deuxième accès RF 32, 38, et la géométrie des premier et deuxième moyens 34, 40 de confinement et de guidage RF, de sorte que :

- la voie unique de transmission 4 comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF 42, ici unique, et
- le premier guide d'onde glissant courbé RF est sans contact et courbé autour de l'axe longitudinal de symétrie cylindrique (Z) le long d'un cercle transversal 44 de la deuxième surface de transmission 28, contenu dans un plan transversal 45, situé le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) à un premier niveau prédéterminé L_1 .

[0031] Suivant les Figures 1A-1B et les Figure 2A-2C, le premier guide d'onde RF glissant courbé 42 est délimité en hauteur radiale ou petit côté b entre une première piste métallique circonférentielle 46 et une deuxième piste métallique circonférentielle 48 des première et deuxième surfaces métalliques 22, 28, en hauteur axiale ou grand côté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux murs latéraux 52, 54 de confinement et de guidage, espacés de ladite largeur a , et en longueur suivant la direction circonférentielle entre un premier mur d'extrémité circonférentielle 62 et un deuxième mur d'extrémité circonférentielle 64, disposés respectivement à proximité du premier port d'accès RF 32 et du deuxième port d'accès RF 38, en s'écartant d'un demi-plan médian de référence autour duquel le mouvement angulaire a lieu.

[0032] Suivant la Figure 3 et une partie détaillée du premier guide d'onde glissant courbé 42 des Figures 1A-1B et 2B, donné à titre d'exemple, les murs latéraux 52 et 54 de confinement et de guidage, espacés de la largeur

a, sont formés chacun d'un réseau uni-ou bidimensionnel de plots métalliques 68, espacés périodiquement suivant un pas d'espacement p et ayant une hauteur h_p . Le pas d'espacement des plots est inférieur ou égal à une fraction de la longueur d'onde et la hauteur h_p des plots vérifie la relation :

[Math. 1]

$$r_1 - r_2 - \frac{\lambda}{4} \leq h_p < r_1 - r_2$$

[0033] Les rangées ou lignes de plots 68 ainsi dimensionnées forment des murs latéraux de confinement et de guidage du champ électromagnétique qui remplacent des parois métalliques classiques de petit côté b du premier guide d'onde glissant et empêchent le champ de sortir. Le jour laissée par les plots entre les pistes métalliques des première et deuxième surfaces de transmission, typiquement jusqu'à 0.5 mm en bande Ka, permet aux première et deuxième surfaces de transmission de glisser entre elles sans contact pour ne pas dégrader la durée de vie de l'antenne et ne pas générer de particules.

[0034] De manière générale, les plots à surface électriquement conductrice des deux murs latéraux de confinement et de guidage d'un même premier guide d'onde glissant courbé sont élançés et peuvent faire saillie, soit depuis une même surface de transmission circconférentielle prise parmi les première et deuxième surfaces de transmission circconférentielles dudit premier guide d'onde glissant courbé comme décrit sur les Figures 4A et 4C, soit depuis les deux surfaces de transmission circconférentielles dudit premier guide d'onde glissant courbé à raison d'une surface de transmission circconférentielle différente par mur latéral comme décrit sur la Figure 4B, soit par entrelacement des plots depuis les deux surfaces de transmission circconférentielles pour au moins un mur latéral pris parmi les deux murs latéraux.

[0035] A l'instar des murs latéraux de confinement et de guidage 52, 54 des Figures 1A-1B et 3, les deux murs d'extrémités circconférentielles 62, 64 de confinement du premier guide d'onde RF glissant courbé 52, disposés de part et d'autre des premier et deuxième ports accès RF 32, 38 sont formés chacun d'un réseau uni-ou bidimensionnel de plots métalliques espacés périodiquement avec le même dimensionnement en termes de pas d'espacement p et d'hauteur h_p .

[0036] Les rangées de plots ainsi dimensionnées forment des murs d'extrémité en longueur de confinement du champ électromagnétique entre les premier et deuxième ports d'accès RF qui remplacent des parois métalliques classiques de petit côté b du premier guide d'onde glissant courbé et empêchent le champ de sortir sur les extrémités circconférentielles tout en permettant un glissement sans contact entre la première surface de transmission et la deuxième surface de transmission.

[0037] De manière générale, les plots des deux murs

d'extrémités sont élançés et font saillie depuis la première surface de transmission pour le premier mur d'extrémité associé à et disposé au voisinage du premier accès RF, et depuis la deuxième surface de transmission pour le deuxième mur d'extrémité associé à et disposé au voisinage du deuxième accès RF.

[0038] Suivant la Figure 5 et de manière particulière, les plots des murs d'extrémité du premier guide d'onde glissant courbé RF 42 de la voie de transmission RF 4 sont formés par des rangées ou lignes circconférentielles 72, 73, 74, 75, 76, 78 de plots agencées en peigne de sorte à permettre un croisement libre mécanique des premier et des deuxième murs d'extrémité 62, 64 lorsque les première et deuxième pièces 12, 18 tournent entre elles tout en assurant leur fonction de confinement des ondes électromagnétiques.

[0039] Le premier guide d'onde glissant courbé RF 42 du joint tournant RF selon l'invention, décrit dans les Figures 1A et 1B, diffère d'un guide d'onde glissant courbé RF du joint tournant RF connu décrit dans le deuxième document cité en ce que la déformation de la structure de confinement et de guidage RF est opérée selon le plan E de la composante électrique des ondes électromagnétiques au lieu du plan H de la composante magnétique desdites mêmes ondes. Cela permet ainsi d'obtenir un rayon de courbure des premières et deuxième surfaces de transmission beaucoup plus petit et en conséquence une structure du joint tournant RF bien plus compacte en volume. Par contre, une telle structure nécessite de disposer de plots de confinement sur une surface courbe au lieu d'une surface plane comme pour le joint tournant RF connu du deuxième document.

[0040] Suivant la Figure 6A, la structure du guide d'onde glissant courbé RF 82, utilisée pour réaliser le joint tournant RF 84 connu du deuxième document cité, présente une courbure non nulle du plan H de la composante d'excitation magnétique de l'onde électromagnétique tandis que les plans d'extension des première et deuxième pistes 86, 88 du grand côté a du guide d'onde glissant courbé RF 82 sont planes et perpendiculaires à l'axe de rotation (Z) du joint tournant RF 82. Les parois de petit côté b du guide d'onde glissant courbé, formées par des murs de confinement latéraux 90, 92 sont ici des tronçons droits de surfaces cylindriques concentriques autour de l'axe de rotation (Z) du joint tournant RF 82.

[0041] De manière différente et suivant la Figure 6B, la structure du premier guide d'onde glissant courbé RF 42, utilisée pour réaliser le joint tournant RF 2 selon l'invention des Figures 1A et 1B, présente une courbure non nulle du plan E de la composante en champ électrique de l'onde électromagnétique, tandis que les plans d'extension des parois de petit côté b du même premier guide d'onde glissant courbé RF 42, formés par les murs de confinement latéraux 52, 54, sont planes et perpendiculaires à l'axe de rotation (Z) du joint tournant RF selon l'invention. Les parois de grand côté a , formés par les première et deuxième pistes circconférentielles 22, 28, sont ici des tronçons droits de surfaces cylindriques con-

centriques autour l'axe de rotation (Z) du joint tournant RF.

[0042] A rayon de courbure équivalent, les surfaces 22 et 28 du premier guide d'onde glissant courbé 42 de la Figure 6B sont sensiblement plus proches entre elles que les surfaces 90 et 92 du guide d'onde glissant courbé 82 de la Figure 6A correspondant à la conception et la structure du deuxième document cité, avec par exemple un ratio « grand côté sur petit côté » égal à 4/1. Par conséquent, les paramètres de transmission RF tel que le Taux d'Onde Stationnaires (TOS) (en anglais SWR pour Standing Wave Ratio) qui en dépendent seront moins dégradés dans la configuration du premier guide d'onde glissant courbé de la Figure 6B que dans la configuration de l'état de l'art tel que décrite dans le deuxième document cité et la Figure 6A, à rayon de courbure équivalent. Cela implique que la configuration de courbure Plan E selon l'invention permet de réduire l'encombrement du guide d'onde tournant RF, globalement et en particulier dans le plan transverse à l'axe de rotation (Z), sans pour autant dégrader fortement le TOS du guide d'onde.

[0043] Le joint tournant RF 2 selon l'invention, basé sur l'utilisation d'un guide d'onde glissant courbé plan électrique E aura donc comme particularité un champ électrique E radial, contrairement à un joint tournant glissant courbé RF 82 de l'état de l'art utilisant un guide d'onde courbé plan en excitation magnétique H, dont le champ électrique est axial selon l'axe de rotation (Z).

[0044] Considérant le joint tournant plan E selon l'invention de la Figure 6B et le joint tournant connu plan H de la Figure 6A, le fait d'ajouter des voies de transmission au joint plan H de la Figure 6A augmente son diamètre (voies partageant le petit côté du guide dans le plan de rotation). Par contre, le fait d'ajouter les voies au joint tournant plan E n'augmente pas son diamètre mais sa hauteur (voies partageant le petit côté du guide, perpendiculaires au plan de rotation). Par conséquent l'ajout de voies dans la configuration plan H de la Figure 6A augmente le volume de manière quadratique, alors que l'ajout de voies dans le plan E de la Figure 6B augmente le volume de manière quasi linéaire.

[0045] Suivant les Figures 7A et 7B et une deuxième forme de réalisation, généralisant le joint tournant RF 2 de la première forme de réalisation des Figures 1A et 1B, un joint tournant radiofréquence RF 202 selon l'invention comporte une première voie de transmission RF 204 et une deuxième voie de transmission RF 206.

[0046] Le joint tournant RF 202 est configuré pour raccorder mécaniquement entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties de l'antenne rotative.

[0047] Le joint tournant RF 202 comporte :

- une première pièce 212, extérieure, de forme globalement annulaire, entourant un trou cylindrique 214 qui est traversé par un axe longitudinal de symétrie

de révolution 216 (Z), et

- une deuxième pièce 218, intérieure, de forme externe cylindrique, montée dans le trou cylindrique 214 pour tourner autour de l'axe de rotation et de symétrie 216 (Z).

[0048] La première pièce extérieure 212 comporte une première surface interne 222, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant ici une forme cylindrique, définie par un premier rayon interne r_1 , égal au rayon du trou cylindrique 214.

[0049] La deuxième pièce intérieure 218 comporte une deuxième surface externe 228, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant ici une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe r_2 , strictement inférieur au premier rayon interne r_1 , et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission 222 autour de l'axe (Z) 16, suivant un angle de déplacement angulaire α , compris dans une plage d'ouverture angulaire 230 prédéterminée.

[0050] La première surface interne de transmission 222 comprend ici un premier port d'accès RF 232, un deuxième premier port d'accès RF 233, et des premiers moyens 234, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF, utilisant des méta-matériaux comme par exemple des structures périodiques de plots à surface électriquement conductrices.

[0051] La deuxième surface externe de transmission 228 comprend ici un premier deuxième port d'accès RF 238, un deuxième deuxième port d'accès RF 239, et des deuxièmes moyens 240 à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0052] Les première et deuxième surfaces de transmission 222, 228 sont configurées par les premier et deuxième rayons r_1 , r_2 , la géométrie des premier premier, deuxième premier, premier deuxième, deuxième deuxième ports d'accès RF 232, 233, 238, 239, et la géométrie des premier et deuxième moyens 234, 240 de confinement et guidage RF, de sorte que :

- la première voie de transmission RF 204 et la deuxième voie de transmission RF 206 comportent respectivement un premier premier guide d'onde glissant courbé RF 242 et un deuxième premier guide d'onde glissant courbé RF 243 ; et
- le premier premier guide d'onde glissant courbé RF 242 et le deuxième premier guide d'onde glissant courbé RF 243 sont répartis angulairement le long d'un même cercle 244 de la deuxième surface de transmission 228, ledit même cercle 244 étant contenu dans un plan transversal 445 situé à un premier niveau prédéterminé le long de l'axe (Z).

[0053] Suivant les Figures 7A et 7B, le premier premier

guide d'onde glissant courbé tournant RF 242 est délimité en hauteur radiale ou petit côté $\underline{b}$ entre deux premières pistes métalliques 246, 248 des premières et deuxième surfaces de transmission 222, 228, en hauteur axiale ou grand côté $\underline{a}$ suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux premiers murs latéraux de confinement et de guidage espacés de ladite largeur $\underline{a}$, et en longueur suivant la direction circonférentielle entre deux premiers murs d'extrémité circonférentielle, disposés pour l'un à proximité du premier port d'accès RF et pour l'autre à proximité du premier deuxième port d'accès RF, sans que l'un d'entre eux ne s'interposent entre les deux premiers ports RF d'accès.

[0054] Suivant les Figures 7A et 7B, le deuxième premier guide d'onde glissant courbé RF 243 est délimité en hauteur radiale ou petit côté $\underline{b}$ entre deux deuxième premières pistes métalliques 250, 252 des première et deuxième surfaces de transmission 222, 228, en hauteur axiale ou grand côté $\underline{a}$ suivant la direction de l'axe de symétrie (Z) entre deux deuxième premiers murs latéraux de confinement et de guidage espacés de ladite hauteur radiale $\underline{a}$, et en longueur suivant la direction circonférentielle entre deux deuxième premiers murs d'extrémité circonférentielle, disposés pour l'un à proximité du deuxième premier port d'accès RF et pour l'autre à proximité du deuxième deuxième port d'accès RF, sans que l'un d'entre eux ne s'interposent entre les deux deuxième premier et deuxième ports RF d'accès.

[0055] De manière générale, un joint tournant RF selon le deuxième mode de réalisation, configuré pour raccorder entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties dudit dispositif rotatif RF, comporte :

- une première pièce extérieure, de forme globalement annulaire et entourant un trou cylindrique traversé suivant une direction longitudinale par un axe de symétrie cylindrique (Z) ; et
- une deuxième pièce intérieure de forme cylindrique, monté dans le trou cylindrique pour tourner autour de l'axe de rotation de symétrie cylindrique (Z) ; et
- un nombre entier N, supérieur ou égal à 2, de voies de transmission distinctes et séparées entre la première partie d'antenne et la deuxième partie d'antenne.

[0056] La première pièce extérieure comporte une première surface interne, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant une forme cylindrique, définie par un premier rayon interne r_1 égal au rayon du trou.

[0057] La deuxième pièce intérieure comporte une deuxième surface externe, électriquement conductrice,

de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe r_2 , strictement inférieur au premier rayon interne r_1 , et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission autour de l'axe (Z), suivant un angle de déplacement angulaire α , compris dans une plage d'ouverture angulaire prédéterminée.

[0058] La première surface interne de transmission comprend N premiers ports d'accès RF et des premiers moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF, utilisant des méta-matériaux comme par exemple des structures périodiques de plots à surface électriquement conductrice.

[0059] La deuxième surface externe de transmission comprend N deuxième ports d'accès RF et des deuxième moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF, utilisant des méta-matériaux comme par exemple des structures périodiques de plots à surface électriquement conductrice.

[0060] Les première et deuxième surfaces de transmission sont configurées par les premier et deuxième rayons r_1 , r_2 , la géométrie des premiers et deuxième accès RF, et la géométrie des premiers et deuxième moyens de confinement et guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF, et
- les N premiers guides glissants courbés sont répartis angulairement le long d'un même cercle transversal de la deuxième surface de transmission externe, ledit cercle transversal étant situé le long de l'axe longitudinal de symétrie à un niveau prédéterminé.

[0061] Chaque guide d'onde glissant courbé RF, associé en propre à une voie de transmission RF numérotée par un indice i , i compris entre 1 et N, est délimité en hauteur radiale ou petit côté $\underline{b}$ entre une première piste et une deuxième piste de rang i des première et deuxième surfaces de transmission, coupées en leur milieu par un même plan transversal PL1, en hauteur axiale ou grand côté $\underline{a}$ suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux premiers murs latéraux de confinement et de guidage espacés de ladite largeur $\underline{a}$, et en longueur suivant la direction circonférentielle du cercle transversal entre deux premiers murs d'extrémité circonférentielle, disposés pour l'un à proximité du premier port d'accès RF associé et pour l'autre à proximité du deuxième port d'accès RF associé, sans que l'un d'entre ces deux premiers mur d'extrémité ne s'interpose entre lesdits deux premiers ports d'accès RF.

[0062] Suivant les Figures 8A, 8B et 8C et une troisième forme de réalisation, généralisant le joint tournant RF 2 de la première forme de réalisation des Figures 1A et 1B, un joint tournant radiofréquence RF 302 selon l'invention comporte une première voie de transmission RF 304 et une deuxième voie de transmission RF 306.

[0063] Le joint tournant RF 302 est configuré pour rac-

corder mécaniquement entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties dudit dispositif rotatif de guidage.

[0064] Le joint tournant RF 302 comporte :

- une première pièce 312, extérieure, de forme globalement annulaire, entourant un trou cylindrique 314 qui est traversé par un axe longitudinal de symétrie cylindrique 316 (Z), et
- une deuxième pièce 318, intérieure, de forme cylindrique, montée dans le trou cylindrique 314 pour tourner autour de l'axe de rotation et de symétrie cylindrique 316 (Z).

[0065] La première pièce extérieure 312 comporte une première surface interne 322 métallique de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant une forme cylindrique, définie par un premier rayon interne r_1 , égal au rayon du trou cylindrique 314.

[0066] La deuxième pièce intérieure 318 comporte une deuxième surface externe 328 métallique de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe r_2 , strictement inférieur au premier rayon interne r_1 , et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission 322 autour de l'axe (Z), suivant un angle de déplacement angulaire α , compris dans une plage d'ouverture angulaire 330 prédéterminée.

[0067] La première surface interne de transmission 322 comprend ici un premier premier port d'accès RF 332, un deuxième premier port d'accès RF 333, et des premiers moyens 334 à base de méta-matériaux, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0068] La deuxième surface externe de transmission 328 comprend ici un premier deuxième port d'accès RF 338, un deuxième deuxième port d'accès RF 339, et des deuxièmes moyens 340 à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0069] Les première et deuxième surfaces de transmission 322, 328 sont configurées par les premier et deuxième rayons r_1 , r_2 , la géométrie des premier premier, deuxième premier, premier deuxième, deuxième deuxième ports d'accès RF 332, 333, 338, 339, et la géométrie des premier et deuxième moyens 334, 340 de confinement et guidage RF, de sorte que :

- la première voie de transmission RF 304 et la deuxième voie de transmission RF 306 comportent respectivement un premier premier guide d'onde RF glissant courbé RF 342 et un deuxième premier guide d'onde glissant courbé RF 343, répartis respectivement et longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) 316 suivant un premier cercle 344 de la

deuxième surface de transmission 328, ledit premier cercle 344 étant contenu dans un premier plan transversal PL1 345 situé à un premier niveau L1 prédéterminé le long de l'axe (Z), et suivant un deuxième cercle 346 de la deuxième surface de transmission 328, ledit deuxième cercle 346 étant contenu dans un deuxième plan transversal 347 situé à un deuxième niveau L2 prédéterminé le long de l'axe (Z).

[0070] Suivant les Figures 8A et 8C, le premier premier guide d'onde glissant courbé RF 242 est délimité en hauteur radiale ou petit côté b entre deux premières premières pistes métalliques 352, 354 des première et deuxième surfaces de transmission 322, 328 coupées par le premier plan transversal PL1, en hauteur axiale ou grand côté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux premiers premiers murs latéraux 356, 358 de confinement et de guidage espacés de ladite largeur a , et en longueur suivant la direction circonférentielle entre deux premiers premiers murs d'extrémité circonférentielle 360, 361, disposés pour l'un à proximité du premier premier port d'accès RF et pour l'autre à proximité du premier deuxième port d'accès RF, sans que l'un d'entre eux ne s'interposent entre les deux premiers ports RF d'accès.

[0071] Suivant les Figures 8B et 8C, le deuxième premier guide d'onde glissant courbé tournant RF 343 est délimité en hauteur radiale ou petit côté b entre deux deuxièmes premières pistes métalliques 362, 364 des première et deuxième surfaces de transmission 322, 328 coupées par le deuxième plan transversal PL2, en hauteur axiale ou grand côté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) 316 entre deux deuxièmes premiers murs latéraux 358, 368, de confinement et de guidage espacés de ladite largeur a , et en longueur suivant la direction circonférentielle entre deux deuxièmes premiers murs d'extrémité circonférentielle 370, 371 disposés pour l'un à proximité du deuxième premier port d'accès RF et pour l'autre à proximité du deuxième deuxième port d'accès RF, sans que l'un d'entre eux ne s'interposent entre les deux deuxièmes premier et deuxième ports RF d'accès.

[0072] De manière générale, un joint tournant RF selon le troisième mode de réalisation, configuré pour raccorder entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties dudit dispositif rotatif RF, comporte :

- une première pièce, extérieure, de forme globalement annulaire, entourant un trou cylindrique qui est traversé par un axe longitudinal de symétrie cylindrique (Z) ; et
- une deuxième pièce, intérieure, de forme cylindrique, montée dans le trou cylindrique pour tourner autour de l'axe de rotation et de symétrie cylindrique

(Z) ; et

- un nombre entier N, supérieur ou égal à 2, de voies de transmission distinctes V_i et séparées entre la première partie du dispositif rotatif de guidage et la deuxième partie dudit dispositif, i désignant un indice d'identification de la voie V_i compris entre 1 et N.

[0073] La première pièce extérieure comporte une première surface interne, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant une forme cylindrique, définie par un premier rayon interne r_1 égal au rayon du trou cylindrique.

[0074] La deuxième pièce intérieure comporte une deuxième surface externe électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe r_2 , strictement inférieur au premier rayon interne r_1 , et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission autour de l'axe de symétrie (Z), suivant un angle de déplacement angulaire α , compris dans une plage d'ouverture angulaire prédéterminée.

[0075] La première surface interne de transmission comprend N premiers ports d'accès RF et des premiers moyens à base de méta-matériaux, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0076] La deuxième surface externe de transmission comprend N deuxièmes ports d'accès RF et des deuxièmes moyens à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0077] Les première et deuxième surfaces de transmission sont configurées par les premier et deuxième rayons r_1 , r_2 , la géométrie des premiers et deuxième ports d'accès RF, et la géométrie des premiers et deuxième moyens de confinement et guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF V_i comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé, et
- les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) suivant N premiers cercles transversaux distincts de la deuxième surface externe de transmission, contenus respectivement dans des premiers plans transversaux PL_i situés à des premiers niveaux Li prédéterminé le long de l'axe (Z).

[0078] Chaque premier guide d'onde glissant courbé RF, associé en propre à une voie de transmission RF V_i , est délimitée en hauteur radiale ou petit côté b entre une première piste métallique et une deuxième piste métallique de rang i des première et deuxième surfaces de transmission, coupées en leur milieu par un plan transversal différent, en hauteur axiale ou grand côté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux premiers murs latéraux de confinement et de gui-

dage espacés de ladite largeur a , et en longueur suivant la direction circonférentielle du cercle transversal associé entre deux premiers murs d'extrémité circonférentielle, disposés pour l'un à proximité du premier port d'accès RF associé et pour l'autre à proximité du premier deuxième port d'accès RF associé, sans que l'un parmi ces deux premiers murs d'extrémité ne s'interpose entre lesdits deux premiers ports d'accès RF.

[0079] Suivant la Figure 9 et une quatrième forme de réalisation de l'invention, hybride des deuxième et troisième formes de réalisation des Figures 7A-7B et 8A-8B, le joint tournant RF 402 est un joint tournant qui comporte quatre voies de transmission RF, deux de réception Rx 404, 406 et deux voies d'émission Tx 408, 410, à quatre ports RF d'entrée 414, 416, 418, 420, situés sur la première pièce extérieure annulaire 422 formant ici un stator, et à quatre ports RF de sortie 424, 426, 428, 430, situés sur la deuxième pièce intérieure cylindrique 432 formant ici un rotor, les quatre voies de transmission RF 404, 406, 408, 410 étant réalisées ici à l'aide de quatre premiers guides d'onde glissants courbés RF, non visibles sur la Figure 9 et éventuellement large bande, deux guides d'ondes glissants courbés dédiés aux deux voies de transmission RF en réception Rx étant réparties angulairement sur une même première piste circonférentielle à un premier niveau longitudinal L1, et deux guides d'ondes glissants courbés RF, dédiés aux deux voies de transmission RF en émission Tx étant réparties angulairement sur une même deuxième piste circonférentielle à un deuxième niveau longitudinal L2.

[0080] De manière générale, un joint tournant RF hybride selon le quatrième mode de réalisation, configuré pour raccorder entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties dudit dispositif rotatif, comporte :

- une première pièce, extérieure, de forme globalement annulaire, entourant un trou cylindrique qui est traversé par un axe longitudinal de symétrie cylindrique (Z) ; et
- une deuxième pièce, intérieure, de forme cylindrique, montée dans le trou cylindrique pour tourner autour de l'axe de rotation et de symétrie cylindrique (Z) ; et
- un nombre entier N, supérieur ou égal à 3, de voies de transmission distinctes V_i et séparées entre la première partie d'antenne et la deuxième partie du dispositif rotatif, i désignant un indice d'identification de la voie V_i compris entre 1 et N.

[0081] La première pièce extérieure comporte une première surface interne, électriquement conductrice de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant

une forme cylindrique, définie par un premier rayon r_1 égal au rayon du trou cylindrique.

[0082] La deuxième pièce intérieure comporte une deuxième surface externe, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, ayant une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe r_2 , strictement inférieur au premier rayon interne r_1 , et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission autour de l'axe de symétrie (Z), suivant un angle de déplacement angulaire a , compris dans une plage d'ouverture angulaire prédéterminée.

[0083] La première surface interne de transmission comprend N premiers ports d'accès RF et des premiers moyens, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF, utilisant des méta-matériaux comme par exemple des structures périodiques de plots à surface électriquement conductrice.

[0084] La deuxième surface externe de transmission comprend N deuxièmes ports d'accès RF et des deuxièmes moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF, utilisant des méta-matériaux comme par exemple des structures périodiques de plots à surface électriquement conductrice.

[0085] Les première et deuxième surfaces de transmission sont configurées par les premier et deuxième rayons r_1 , r_2 , la géométrie des premiers et deuxième ports d'accès RF, et la géométrie des premiers et deuxième moyens de confinement et guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF V_i comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé, et
- les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) suivant au moins deux premiers cercles transversaux distincts C_k de la deuxième surface de transmission, contenus respectivement dans des premiers plans transversaux PL_k situés à des premiers niveaux L_k prédéterminé le long de l'axe (Z), k étant un indice supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à un nombre NC , strictement inférieur à N ; et
- au moins deux premiers guides d'onde glissants courbés RF parmi les N premiers guides tournants sont répartis angulairement le long d'un même cercle transversal de la deuxième surface de transmission, pris parmi les au NC premiers cercles transversaux distincts de la deuxième surface de transmission, contenus respectivement dans les NC premiers plans transversaux PL_k situés aux premiers niveaux L_k .

[0086] Chaque premier guide d'onde glissant courbé RF, associé en propre à une voie de transmission RF V_i , est délimité en hauteur radiale ou petit côté b entre une première piste métallique et une deuxième piste métal-

lique de rang i des première et deuxième surfaces de transmission, coupées en leur milieu par un plan transversal différent, en hauteur axiale ou grand côté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux premiers murs latéraux de confinement et de guidage espacés de ladite largeur a , et en longueur suivant la direction circonférentielle du cercle transversal associé entre deux premiers murs d'extrémité circonférentielle, disposés pour l'un à proximité du premier port d'accès RF associé et pour l'autre à proximité du premier deuxième port d'accès RF associé, sans que l'un parmi ces deux premiers murs d'extrémité ne s'interpose entre lesdits deux premiers ports d'accès RF.

[0087] Suivant la Figure 10, les tailles et encombrements respectifs du joint tournant RF 402 selon la quatrième forme de réalisation de la Figure 9 et d'un joint tournant RF 502 large bande ayant la structure connue décrite du deuxième document cité et les mêmes exigences de transmission RF (i.e. même nombre de voies de transmission RF, mêmes fréquence et largeur de bande) et de débattement angulaire que celles du joint tournant RF 402, sont comparés. Il apparaît clairement que le joint tournant RF 402 selon l'invention présente un encombrement moindre que celui du joint tournant RF classique 502.

[0088] Suivant la Figure 11A, une première position angulaire relative 492 de la deuxième pièce cylindrique, formant ici un rotor, par rapport à la première pièce annulaire, formant ici un stator, du joint tournant RF 402 de la Figure 10, correspond à un débattement angulaire extrémal dans un sens de rotation, ici le sens trigonométrique sur la Figure 11A.

[0089] Suivant la Figure 11B, une deuxième position angulaire relative 494 du joint tournant RF 402 de la Figure 10, i.e. de la deuxième pièce cylindrique par rapport à la première pièce annulaire, correspond à une position neutre ou de référence dans laquelle le débattement angulaire est nul.

[0090] Suivant la Figure 11C, une troisième position angulaire relative 496 du joint tournant RF 402 de la Figure 9, i.e. de la deuxième pièce cylindrique par rapport à la première pièce annulaire, correspond à un débattement angulaire extrémal dans l'autre sens de rotation, ici le sens horaire sur la Figure 11C.

[0091] Suivant les Figures 9, 11A, 11B et 11C, les deux ports RF de raccordement externe à une partie mobile de l'antenne, disposés ici à l'intérieur du trou central de la première pièce annulaire appartiennent et sont fixés à la deuxième pièce cylindrique formant rotor. Il est rappelé qu'ici la deuxième pièce, de forme externe cylindrique, est munie de plots formant des murs latéraux ou d'extrémité pour confiner et guider les ondes électromagnétiques dans le joint, et que la surface externe cylindrique d'extension des faces sommet des plots a un rayon inférieur au rayon interne r_1 de la surface interne de transmission de la première face annulaire formant ici stator. Ainsi, le jour formé entre les première et deuxième surfaces de transmission permet à la deuxième pièce

formant rotor de coulisser et pivoter à l'intérieur de la première pièce annulaire formant stator, et permet de réaliser des guides d'ondes glissants courbés RF sans contact pour transmettre les ondes électromagnétiques tandis que le joint tourne.

[0092] Il est à remarquer qu'en accord avec la généralisation proposée du quatrième mode de réalisation du joint, il est possible de modifier la géométrie du joint en fonction des exigences de la plage de débattement angulaire. Par exemple, si l'angle de débattement souhaité est plus réduit, il est possible de mettre trois voies de transmission RF au lieu de deux sans nécessairement changer le diamètre interne de l'anneau ou bague de la première pièce annulaire. Sinon en augmentant raisonnablement le diamètre interne de l'anneau, il peut être envisagé de loger 4, 6 voire davantage de ports d'accès RF à l'intérieur des première et deuxième pièces, ce qui permet de transmettre 4, 6 ou plus de voies de transmission RF dans un seul joint tournant RF, par exemple dans le cas d'une application géostationnaire avec une plage de débattement angulaire égale à $\pm 9^\circ$.

[0093] Suivant les Figures 12A, 12B et 12C, et une cinquième forme de réalisation, dérivée du joint tournant RF 2 de la première forme de réalisation des Figures 1A et 1B, un joint tournant radiofréquence RF 502 selon l'invention comporte ici une voie de transmission RF unique 504.

[0094] Le joint tournant radiofréquence RF 502 est configuré ici pour raccorder mécaniquement entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, par exemple d'une antenne RF rotative, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF sur une voie unique de transmission RF V1 504 entre lesdites première et deuxième parties dudit dispositif rotatif RF.

[0095] Le joint tournant radiofréquence RF 502 comporte :

- une première pièce 512, extérieure, de forme globalement annulaire, entourant un trou cylindrique 514 qui est traversé par un axe longitudinal de symétrie cylindrique 516 (Z) ; et
- une deuxième pièce 518, intérieure, de forme cylindrique, montée dans le trou cylindrique 514, pour tourner autour de l'axe de rotation et de symétrie cylindrique 516 (Z) ; et
- une troisième pièce 520, extérieure, de forme globale annulaire, montée côte à côte avec la première pièce extérieure cylindrique le long de l'axe longitudinal de symétrie cylindrique 516 (Z) en étant bloquée en translation le long dudit axe (Z), montée en rotation libre avec la première pièce, et montée en rotation libre pour tourner autour de la deuxième pièce.

[0096] La première pièce extérieure 512 comporte une

première surface interne 522, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, située à un premier niveau L1 le long de l'axe longitudinal L1 et ayant une forme cylindrique, définie par un premier rayon interne r_1 , égal au rayon du trou cylindrique 514.

[0097] La deuxième pièce intérieure 518 comporte une deuxième surface externe 528, électriquement conductrice de transmission des signaux électromagnétiques RF, située au premier niveau L1 le long de l'axe longitudinal (Z) et ayant une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe r_2 , strictement inférieur au premier rayon interne r_1 , en vis-à-vis et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission 522, et une troisième surface externe 530, électriquement conductrice métallique, de transmission des signaux électromagnétiques RF, située à un deuxième niveau L2 le long de l'axe longitudinal L2 et ayant une forme cylindrique, définie par un troisième rayon externe r_3 .

[0098] La troisième pièce 520, extérieure, comporte une quatrième surface interne 532, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, située au deuxième niveau L2 le long de l'axe longitudinal (Z) et ayant une forme cylindrique, définie par un quatrième rayon interne r_4 , strictement supérieur au troisième rayon externe r_3 , en vis-à-vis et mobile en rotation par rapport à la troisième surface externe 530, et mobile autour de l'axe de symétrie (Z), suivant un angle de déplacement angulaire α , compris dans une plage d'ouverture angulaire 534 prédéterminée.

[0099] La première surface interne de transmission 522 comprend ici un premier port d'accès RF 542 et des premiers moyens 544 à base de méta-matériaux, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0100] La deuxième surface externe de transmission 528 comprend ici un deuxième accès RF 546 et des deuxièmes moyens 548 à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0101] La troisième surface externe de transmission 530 comprend ici un unique troisième accès RF 550 et des troisièmes moyens 552 à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0102] La quatrième surface interne de transmission 532 comprend ici un unique quatrième accès RF 554 et des quatrièmes moyens 556 à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0103] Les première, deuxième, troisième et quatrième surfaces de transmission RF 522, 528, 530, 532 sont configurées par les premier, deuxième, troisième, quatrième rayons r_1 , r_2 , r_3 , r_4 , la géométrie des premier, deuxième, troisième, quatrième ports d'accès RF et la géométrie des premiers, deuxièmes, troisièmes, quatrièmes moyens 540, 548, 552, 556, de confinement et de guidage RF, de sorte que :

- la voie unique de transmission V1 504 comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF entre la première pièce extérieure et la deuxième pièce intérieure, et un deuxième guide d'onde glissant courbé RF large bande entre la deuxième pièce intérieure et la troisième pièce extérieure, les premier et deuxième guides d'onde glissants courbés RF étant respectivement disposés le long de deux cercles transversaux des deuxième et troisième surfaces de transmission et étant reliés en série entre eux.

[0104] Suivant les Figures 12A, 12B et 12C, le premier guide d'onde RF glissant courbé est délimité en hauteur radiale ou petit coté b entre une première piste métallique et une deuxième piste métallique des première et deuxième surfaces métalliques, en hauteur axiale ou grand coté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux murs latéraux transversaux de confinement et de guidage espacés de ladite largeur a de part et d'autre du cercle transversal situé dans le plan transversal ayant un premier niveau prédéterminé, et en longueur suivant la direction circonférentielle entre un premier mur d'extrémité circonférentielle et un deuxième mur d'extrémité circonférentielle, disposés respectivement à proximité du premier port d'accès RF et du deuxième port d'accès RF.

[0105] Suivant les Figures 12A, 12B et 12C, le deuxième guide d'onde RF glissant courbé est délimité en hauteur radiale ou petit coté b entre une troisième piste métallique et une quatrième piste métallique des troisième et quatrième surfaces de transmission, en largeur ou grand coté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux murs latéraux de confinement et de guidage espacés de ladite largeur a , et en longueur suivant la direction circonférentielle entre un premier mur d'extrémité circonférentielle et un deuxième mur d'extrémité circonférentielle, disposés respectivement à proximité du premier port d'accès RF et du deuxième port d'accès RF.

[0106] Ici, de manière particulière sur les Figures 12A-12C, les rayons externes $r1$ et $r4$ sont égaux et les rayons internes $r2$ et $r3$ sont égaux.

[0107] De manière générale, un joint tournant RF selon la cinquième forme de réalisation, configuré pour raccorder entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties d'un dispositif rotatif RF, comporte :

- une première pièce, extérieure, de forme globalement annulaire, entourant un trou cylindrique qui est traversé par un axe longitudinal de symétrie cylindrique (Z), et
- une deuxième pièce, intérieure, de forme cylindrique, monté dans le trou cylindrique, pour tourner autour de l'axe de rotation et de symétrie cylindrique

(Z) ; et

- une troisième pièce, extérieure, de forme globale annulaire, montée côte à côte avec la première pièce extérieure le long de l'axe longitudinal de symétrie cylindrique (Z) en étant bloquée en translation le long dudit axe (Z), montée en rotation libre avec la première pièce, et montée en rotation libre pour tourner autour de la deuxième pièce ; et
- un nombre entier N , supérieur ou égal à 1, de voies de transmission RF V_i , distinctes et séparées, entre la première partie d'antenne et la deuxième partie du dispositif rotatif RF, i désignant un indice d'identification des voies RF V_i variant entre 1 et N .

[0108] La première pièce extérieure comporte une première surface interne, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, située à un premier niveau $L1$ le long de l'axe longitudinal $L1$ et ayant une forme cylindrique, définie par un premier rayon interne $r1$, égal au rayon du trou cylindrique.

[0109] La deuxième pièce intérieure comporte une deuxième surface externe, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, située au premier niveau $L1$ le long de l'axe longitudinal (Z) et ayant une forme cylindrique, définie par un deuxième rayon externe $r2$, strictement inférieur au premier rayon interne $r1$, en vis-à-vis et mobile en rotation par rapport à la première surface interne de transmission, et une troisième surface externe métallique de transmission des signaux électromagnétiques RF, située à un deuxième niveau $L2$ le long de l'axe longitudinal $L2$ et ayant une forme cylindrique, définie par un troisième rayon externe $r3$.

[0110] La troisième pièce extérieure comporte une quatrième surface interne, électriquement conductrice, de transmission des signaux électromagnétiques RF, située au deuxième niveau $L2$ le long de l'axe longitudinal (Z) et ayant une forme cylindrique, définie par un quatrième rayon interne $r4$, strictement supérieur au troisième rayon externe $r3$, en vis-à-vis et mobile en rotation par rapport à la troisième surface externe 530, et mobile, autour de l'axe de symétrie (Z) suivant un angle de déplacement angulaire α , compris dans une plage interne d'ouverture angulaire 534 prédéterminée.

[0111] La première surface de transmission comprend N premiers ports d'accès RF et des premiers moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0112] La deuxième surface externe de transmission comprend N deuxième accès RF et des deuxième moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0113] La troisième surface externe de transmission comprend N troisième ports d'accès RF et des troisième moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0114] La quatrième surface interne de transmission comprend N quatrièmes ports d'accès RF et des quatrièmes moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0115] Les première, deuxième, troisième et quatrième surfaces de transmission RF sont configurées par les premier, deuxième, troisième, quatrième rayons r_1 , r_2 , r_3 , r_4 , la géométrie des premier, deuxième, troisième, quatrième ports d'accès RF et la géométrie des premiers, deuxièmes, troisièmes, quatrièmes moyens de confinement et de guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, comporte, connectés en série, un premier guide d'onde glissant courbé RF entre la première pièce extérieure et la deuxième pièce intérieure, et un deuxième guide d'onde glissant courbé RF entre la deuxième pièce intérieure et la troisième pièce extérieure ; et
- les premier et deuxième guides d'onde glissants courbés RF de chaque voie de transmission V_i , i variant de 1 à N, sont respectivement disposés le long de deux premier et deuxième cercles transversaux correspondant à l'indice i d'identification de a voie de transmission V_i , les premier cercles transversaux étant disposés sur la deuxième surface de transmission RF et répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) à des premiers niveaux distincts L_{1i} prédéterminés, et les deuxièmes cercles transversaux étant disposés sur la troisième surface de transmission RF et répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) à des premiers niveaux distincts prédéterminés.

[0116] Le premier guide d'onde glissant courbé RF de chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, est délimité en hauteur radiale ou petit côté b entre une première piste métallique et une deuxième piste métallique des première et deuxième surfaces de transmission RF, en hauteur axiale ou grand côté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux murs latéraux transversaux de confinement et de guidage espacés de ladite largeur a de part et d'autre du premier cercle transversal situé au premier niveau L_{1i} prédéterminé, et en longueur suivant la direction circonférentielle entre un premier mur d'extrémité circonférentielle et un deuxième mur d'extrémité circonférentielle, disposés respectivement à proximité du premier port d'accès RF et du deuxième port d'accès RF.

[0117] Le deuxième guide d'onde glissant courbé RF de chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, est délimité en hauteur radiale ou petit côté b entre une troisième piste métallique et une quatrième piste métallique des troisième et quatrième surfaces de transmission RF, en hauteur axiale ou grand côté a suivant la direction longitudinale de l'axe de symétrie (Z) entre deux murs latéraux transversaux de confinement et de guida-

ge espacés de ladite largeur a de part et d'autre du deuxième cercle transversal situé au deuxième niveau L_{2i} prédéterminé, et en longueur suivant la direction circonférentielle entre un premier mur d'extrémité circonférentielle et un deuxième mur d'extrémité circonférentielle, disposés respectivement à proximité du premier port d'accès RF et du deuxième port d'accès RF.

[0118] De manière générale et indépendamment de la forme de réalisation du joint tournant selon l'invention, la première pièce extérieure comporte N premières bornes RF de raccordement externe de voie, raccordées respectivement une à une aux N premiers ports d'accès RF des N premiers guides d'onde glissant courbés RF correspondants de la première surface de transmission RF au travers de N premières liaisons de transition correspondantes distinctes, traversant la première pièce extérieure.

[0119] Suivant les premier, deuxième, troisième et quatrième formes de réalisation du joint tournant RF selon l'invention, la deuxième pièce intérieure comporte N deuxièmes bornes RF de raccordement externe de voies, raccordées respectivement une à une aux N deuxième ports d'accès RF des premiers guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la deuxième surface de transmission RF au travers de N deuxièmes liaisons de transition correspondantes distinctes qui traversent longitudinalement et intérieurement la deuxième pièce intérieure.

[0120] Les N deuxièmes bornes RF de raccordement externe de la deuxième pièce intérieure sont disposés et répartis d'un seul côté sur une des première et deuxième face de bout et d'extrémité du cylindre formant la deuxième pièce intérieure, ou des deux côtés sur la première face et la deuxième face de bout et d'extrémité du cylindre formant la deuxième pièce intérieure.

[0121] Suivant les premier, deuxième, troisième et quatrième formes de réalisation du joint tournant RF selon l'invention, la première pièce extérieure et la deuxième pièce intérieure peuvent être respectivement un stator et un rotor ou peuvent être de manière réciproque un rotor et un stator.

[0122] Suivant la cinquième forme de réalisation du joint tournant RF selon l'invention, la troisième pièce extérieure comporte N deuxièmes bornes RF de raccordement externe de voie de transmission RF, raccordées respectivement une à une aux N quatrièmes ports d'accès RF des N deuxièmes guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la quatrième surface de transmission RF au travers de N deuxièmes liaisons de transition correspondantes distinctes, traversant la troisième pièce extérieure.

[0123] Suivant la cinquième forme de réalisation du joint tournant RF selon l'invention, la première pièce extérieure et la troisième pièce extérieure peuvent être respectivement un stator et un rotor ou peuvent de manière réciproque être un rotor et un stator.

[0124] De manière plus générale, les formes cylindriques des première, deuxième, et/ou des troisième, qua-

trième surfaces de transmission des joints tournants RF de l'invention décrits ci-dessus peuvent être généralisées à des formes de surfaces de révolution autour de l'axe de symétrie (Z) formées chacune d'une succession de tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) formant des pistes circonférentielles à différents niveaux axiaux pouvant avoir des rayons différents ou égaux.

[0125] De la manière la plus générale, un joint tournant radiofréquence RF selon l'invention est configuré pour raccorder mécaniquement et radio-électriquement entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, et pour transmettre des signaux électromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties dudit dispositif rotatif de guidage d'ondes RF.

[0126] Le joint tournant RF selon l'invention comporte :

- une première pièce, extérieure, de forme globalement annulaire, ayant une première surface interne de transmission de signaux électromagnétiques, électriquement conductrice, à symétrie de révolution sur un intervalle angulaire d'extension de longueur non nulle et inférieure ou égale à 360 degrés autour d'un axe longitudinal de rotation (Z) ; et
- une deuxième pièce, intérieure à la première pièce, ayant une première surface externe de transmission de signaux électromagnétiques, électriquement conductrice, à symétrie de révolution sur l'intervalle angulaire d'extension autour de l'axe longitudinal (Z), disposée sans contact mécanique en vis-à-vis de la première surface interne et mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (Z) sur un intervalle de rotation angulaire prédéterminé ; et
- un nombre entier N, supérieur ou égal à 1, de voie(s) de transmission RF V_i distinctes, i variant de 1 à N, entre la première partie et la deuxième partie du dispositif rotatif de guidage d'ondes RF.

[0127] La première surface interne de transmission de signaux électromagnétiques comporte une succession d'un nombre prédéterminé NC, supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à N, de premiers tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés à des premiers niveaux différents $L1(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) $r1(k)$ associés, k variant de 1 à NC, et comprend N premier(s) port(s) d'accès RF et des premiers moyens, à base de méta-matériaux, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0128] La deuxième surface externe de transmission des signaux électromagnétiques RF comporte une succession de NC deuxièmes tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés respectivement aux premiers niveaux différents $L1(k)$, k variant de 1 à NC,

le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de deuxième(s) rayon(s) moyen(s) externe(s) $r2(k)$ associé(s), k variant de 1 à NC, strictement inférieur au(x) premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) correspondant(s) $r1(k)$, et comprend N deuxièmes ports d'accès RF et des deuxièmes moyens à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0129] Les première et deuxième surfaces de transmission RF sont configurées par les premier et deuxième rayons moyens $r1(k)$, $r2(k)$, les premiers niveaux longitudinaux $L1(k)$, k variant de 1 à NC, la géométrie des premier et deuxième accès RF, et la géométrie des premier et deuxième moyens de confinement et guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé différent, et
- les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis angulairement sur les NC premiers tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), chacun des NC tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) étant situé le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) à son premier niveau associé $L1(k)$, k variant de 1 à NC.

[0130] Chaque premier guide d'onde glissant courbé, associé à une voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, est délimité :

- en hauteur radiale ou petit côté b_k entre un premier tronçon de surface de révolution et un deuxième tronçon de surface de révolution autour de l'axe (Z) en vis-à-vis de rang k des première et deuxième surfaces de transmission, k étant compris entre 1 et NC,
- en hauteur axiale ou grand côté a_k entre les deux premiers murs latéraux de confinement et de guidage des premier et deuxième tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) de rang k , et
- en longueur entre deux premiers murs d'extrémité circonférentielle de confinement et de guidage, disposés pour l'un à proximité du premier port d'accès RF associé et pour l'autre à proximité du deuxième port d'accès RF associé, sans que l'un d'entre ces deux premiers murs d'extrémité circonférentielle ne s'interpose entre lesdits deux premiers ports d'accès RF.

[0131] De manière générale, le guidage en rotation de la pièce formant rotor par rapport à la pièce formant stator peut être réalisé avec au moins un moteur électrique, de préférence un moteur électrique pas à pas.

[0132] Le moteur électrique pas à pas permet de sélectionner une position angulaire par rapport à une autre

sans utiliser de télémessure externe.

[0133] De manière générale, le matériau utilisé pour confiner et guider les ondes électromagnétiques RF est un conducteur électrique, par exemple un métal, et l'isolant électrique utilisé à l'intérieur du ou des guides d'onde est le vide ou l'air.

[0134] Un joint tournant RF selon l'invention tel que décrit ci-dessus est réalisé en utilisant au moins un des procédés suivants de fabrication :

- l'usinage classique par fraisage,
- l'impression 3D,
- le moulage en plastique métallisé ou métal,
- l'électroformage.

[0135] La puissance électrique à l'émission, permise par un joint tournant RF selon l'invention tel que décrit ci-dessus est compatible des applications terrestres ou sol et des applications spatiales, embarquée à bord d'un satellite.

[0136] De manière avantageuse, le joint tournant RF selon l'invention décrit ci-dessus dans les diverses formes de réalisation, est un joint compact, sans contact avec de très bonnes performances RF tant sur le plan des pertes d'insertion que sur le plan du découplage entre les voies de transmission.

[0137] Ainsi, il a été montré qu'une utilisation typique du joint tournant RF selon l'invention est celle d'un joint tournant RF à quatre voies de transmission RF, deux voies en bande émission Tx et deux voies en bande réception Rx, fonctionnant en large bande (typiquement 2.5 GHz de bande). Il a été décrit également une utilisation à un nombre N plus grand de voies applicables à des configurations multi-spots ou multifaisceaux d'antenne.

[0138] Dans le cas de la généralisation du cinquième mode de réalisation du joint tournant RF des Figures 12A à 12C, la deuxième pièce intérieure comporte en outre une troisième surface externe de transmission des signaux électromagnétiques RF, électriquement conductrice, à symétrie de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle angulaire d'extension. De plus la troisième pièce extérieure comporte une quatrième surface interne de transmission des signaux électromagnétiques RF, électriquement conductrice, à symétrie de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle angulaire d'extension, disposée sans contact mécanique en vis-à-vis de la troisième surface externe et mobile autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle de rotation angulaire prédéterminé.

[0139] La troisième surface extérieure de transmission RF comporte une succession de NC troisièmes tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés à des deuxièmes niveaux différents L2(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour

de troisième(s) rayon(s) moyen(s) externe(s) r3(k) associés, k variant de 1 à NC, et comprend N troisième(s) port(s) d'accès RF et des troisièmes moyens à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0140] La quatrième surface interne de transmission RF comporte une succession de NC quatrième(s) tronçon(s) de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z), situé(s) respectivement aux deuxièmes niveaux différents L2(k), k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal (Z) autour de quatrième(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) r4(k) associé(s), k variant de 1 à NC, strictement inférieur(s) aux troisième(s) rayon(s) moyen(s) externe(s) correspondant(s) r3(k), et comprend N quatrième(s) port(s) d'accès RF et des quatrième(s) moyens à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF.

[0141] Les première, deuxième, troisième et quatrième surfaces de transmission RF sont configurées par le premier, deuxième, troisième, quatrième rayons moyens r1(k), r2(k), r3(k), r4(k), les premier et deuxième niveaux longitudinaux L1(k), L2(k), k variant de 1 à NC, la géométrie des premier, deuxième, troisième, quatrième ports d'accès RF et la géométrie des premiers, deuxième(s), troisième(s), quatrième(s) moyens de confinement et de guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF Vi, i variant de 1 à N, comporte, connectés en série, un premier guide d'onde glissant courbé RF entre la première pièce extérieure et la deuxième pièce intérieure, et un deuxième guide d'onde glissant courbé RF entre la deuxième pièce intérieure et la troisième pièce extérieure ; et
- les N premier et deuxième guides d'onde glissants courbés RF de chaque voie de transmission Vi, i variant de 1 à N, sont différents, disposés orthogonalement à l'axe de symétrie (Z), répartis angulairement et respectivement sur les NC deuxième(s) et troisième(s) tronçons de surface de révolution de la deuxième surface externe et de la troisième surface externe, les deuxième et troisième tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) des premier et deuxième guides d'ondes de chaque voie Vi étant appariés entre eux, ayant un même indice k(i) de rang des deuxième et troisième tronçons sur les deuxième et troisième surfaces de transmission et étant situés le long de l'axe longitudinal (Z) à leurs niveaux associés L1k(i), L2k(i).

Revendications

1. Joint tournant radiofréquence RF pour raccorder radio-électriquement entre elles des première et deuxième parties d'un dispositif rotatif de guidage d'ondes RF, et pour transmettre des signaux élec-

tromagnétiques RF entre lesdites première et deuxième parties (6, 8) dudit dispositif rotatif de guidage d'ondes RF (10), le joint tournant RF comportant :

- une première pièce (12 ; 212 ; 312 ; 422 ; 512), extérieure, de forme globalement annulaire, ayant une première surface interne de transmission de signaux électromagnétiques, électriquement conductrice, à symétrie de révolution (22 ; 222 ; 322 ; 522) sur un intervalle angulaire d'extension de longueur non nulle et inférieure ou égale à 360 degrés autour d'un axe longitudinal de rotation (Z) (16 ; 216 ; 316 ; 516) ; et

- une deuxième pièce (18 ; 218 ; 318 ; 432 ; 518), intérieure à la première pièce, ayant une deuxième surface externe (28 ; 228 ; 328 ; 528) de transmission de signaux électromagnétiques, électriquement conductrice, à symétrie de révolution sur l'intervalle angulaire d'extension autour de l'axe longitudinal (Z) (16 ; 216 ; 316 ; 516), disposée sans contact mécanique en vis-à-vis de la première surface interne et mobile en rotation autour de l'axe longitudinal (Z) (16 ; 216 ; 316 ; 516) sur un intervalle de rotation angulaire prédéterminé ; et

- un nombre entier N, supérieur ou égal à 1, de voie(s) de transmission RF V_i (4 ; 204, 206 ; 304, 306 ; 404, 406, 408, 410 ; 504) distinctes, i variant de 1 à N, entre la première partie et la deuxième partie du dispositif rotatif de guidage d'ondes RF ; la première surface interne (22 ; 222 ; 322 ; 522) de transmission de signaux électromagnétiques, comportant une succession d'un nombre prédéterminé NC, supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à N, de premiers tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés à des premiers niveaux différents $L_1(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) $r_1(k)$ associés, k variant de 1 à NC, et comprenant N premier(s) port(s) d'accès RF (32 ; 232, 233 ; 332, 333 ; 542) et des premiers moyens (34 ; 234 ; 334 ; 544), à base de méta-matériaux, de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et

la deuxième surface externe (28 ; 228 ; 328 ; 528) de transmission des signaux électromagnétiques RF, comportant une succession de NC deuxièmes tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés respectivement aux premiers niveaux différents $L_1(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de deuxième(s) rayon(s) moyen(s) externe(s) $r_2(k)$ associé(s), k variant de 1 à NC, strictement inférieur(s) au(x) premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) correspon-

dant(s) $r_1(k)$, et comprenant N deuxièmes ports d'accès RF (38 ; 238, 239 ; 338, 339 ; 546) et des deuxièmes moyens (40 ; 240 ; 340 ; 548) à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et

les première et deuxième surfaces de transmission RF (22, 28 ; 222, 228 ; 322, 328 ; 522, 528) étant configurées par les premier et deuxième rayons moyens $r_1(k)$, $r_2(k)$, les premier niveaux longitudinaux $L_1(k)$, k variant de 1 à NC, la géométrie des premier et deuxième accès RF, et la géométrie des premier et deuxième moyens (34, 40 ; 234, 240 ; 334, 340 ; 544, 548) de confinement et guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF V_i (4 ; 204, 206 ; 304, 306 ; 404, 406, 408, 410 ; 504), i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF différent (42 ; 242, 243 ; 342, 343), et

- les N premiers guides d'onde glissants courbés RF (42 ; 242, 243 ; 342, 343) sont répartis angulairement sur les NC premier(s) tronçon(s) de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), chacun des NC tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) étant situé le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) à son premier niveau associé $L_1(k)$, k variant de 1 à NC.

2. Joint tournant radiofréquence RF selon la revendication 1, dans lequel

chaque premier guide d'onde glissant courbé RF (42 ; 242, 243 ; 342, 343), associé à une voie de transmission RF V_i , i variant de 1 à N, est délimité : en hauteur radiale ou petit côté b_k entre un premier tronçon de surface de révolution et un deuxième tronçon de surface de révolution autour de l'axe (Z) de rang k des première et deuxième surfaces de transmission, k étant compris entre 1 et NC,

- en hauteur axiale ou grand côté a_k entre les deux premiers murs latéraux de confinement et de guidage des premier et deuxième tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) de rang k , et

- en longueur entre deux premiers murs d'extrémité circonférentielle de confinement et de guidage, disposés pour l'un à proximité du premier port d'accès RF associé et pour l'autre à proximité du deuxième port d'accès RF associé, sans que l'un d'entre ces deux premiers murs d'extrémité circonférentielle ne s'interpose entre lesdits deux premiers ports d'accès RF.

3. Joint tournant radiofréquence RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel le nombre entier N de voies de transmission RF est égal à 1, et

la voie de transmission RF unique V1 (4) comporte un unique premier guide d'onde glissant courbé (42), disposé orthogonalement à l'axe longitudinal (Z) (16) de symétrie à un niveau L1 prédéterminé.

4. Joint tournant radiofréquence RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel

- le nombre entier N de voies de transmission RF distinctes V_i (204, 206) est supérieur ou égal à 2, et
- chaque voie de transmission RF V_i (204, 206), i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé (242, 243), et
- les N premiers guides d'onde glissants courbés RF (242, 243) sont répartis angulairement le long d'un même cercle transversal, disposé orthogonalement à l'axe longitudinal de symétrie à un premier niveau L1 prédéterminé.

5. Joint tournant radiofréquence RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel

- le nombre entier N, de voies de transmission RF distinctes V_i (304, 306) est supérieur ou égal à 2, et
- chaque voie de transmission RF V_i (304, 306), i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé (342, 343), et
- les N premiers guides d'onde glissants courbés RF (342, 343) sont répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) à des premiers niveaux L_i distincts prédéterminés le long de l'axe (Z), i variant de 1 à N.

6. Joint tournant radiofréquence RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel

- le nombre entier N de voies de transmission RF distinctes V_i (404, 406, 408, 410) est supérieur ou égal à 3, et
- chaque voie de transmission RF V_i (404, 406, 408, 410), i variant de 1 à N, comporte un premier guide d'onde glissant courbé RF distinct associé, et
- les N premiers guides d'onde glissants courbés RF sont répartis longitudinalement le long de l'axe de symétrie (Z) à un nombre NC de premiers niveaux supérieur ou égal à 2 et strictement inférieur à N ; et
- au moins deux premiers guides d'onde glissants courbés RF parmi les N premiers guides tournants sont disposés orthogonalement à l'axe de symétrie (Z) à un même niveau prédéterminé et délimités chacun par un secteur angulaire correspondant.

7. Joint tournant radiofréquence RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, comportant en outre

une troisième pièce (520) extérieure, de forme globalement annulaire, montée côte à côte avec la première pièce extérieure annulaire (512) le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) (516) en étant bloquée en translation le long dudit axe (Z), et en rotation libre avec la première pièce extérieure (512) pour tourner autour de la deuxième pièce intérieure (518); et dans lequel

la deuxième pièce intérieure (518) comporte en outre une troisième surface externe (530) de transmission des signaux électromagnétiques RF, électriquement conductrice, à symétrie de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle angulaire d'extension ; et

la troisième pièce extérieure (520) comporte une quatrième surface interne (532) de transmission des signaux électromagnétiques RF, électriquement conductrice, à symétrie de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle angulaire d'extension, disposée sans contact mécanique en vis-à-vis de la troisième surface externe (530) et mobile autour de l'axe longitudinal (Z) sur l'intervalle de rotation angulaire prédéterminé ; et

la troisième surface extérieure de transmission RF (530) comporte une succession de NC troisièmes tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z), situés à des deuxièmes niveaux différents $L2(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) autour de troisièmes rayon(s) moyen(s) externe(s) $r3(k)$ associés, k variant de 1 à NC, et comprend N troisièmes port(s) d'accès RF (550) et des troisièmes moyens (552) à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et

la quatrième surface interne de transmission RF (532) comporte une succession de NC quatrième(s) tronçon(s) de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z), situé(s) respectivement aux deuxièmes niveaux différents $L2(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal (Z) autour de quatrième(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) $r4(k)$ associé(s), k variant de 1 à NC, strictement inférieur(s) aux troisièmes rayon(s) moyen(s) externe(s) correspondant(s) $r3(k)$, et comprend N quatrième(s) port(s) d'accès RF (554) et des quatrièmes moyens (556) à base de méta-matériaux de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF ; et

les première, deuxième, troisième et quatrième surfaces (522, 528, 530, 534) de transmission RF sont configurées par les premier(s), deuxième(s), troisième(s), quatrième(s) rayons moyens $r1(k)$, $r2(k)$, $r3(k)$, $r4(k)$, les premier(s) et deuxième(s) niveaux longitudinaux $L1(k)$, $L2(k)$, la géométrie des premier, deuxième, troisième, quatrième ports d'accès RF et la géométrie des premiers, deuxièmes, troisièmes,

quatrièmes moyens (544, 548, 554, 556) de confinement et de guidage RF, de sorte que :

- chaque voie de transmission RF Vi (504), i variant de 1 à N, comporte, connectés en série, un premier guide d'onde glissant courbé RF entre la première pièce extérieure (512) et la deuxième pièce intérieure (518), et un deuxième guide d'onde glissant courbé RF entre la deuxième pièce intérieure (518) et la troisième pièce extérieure (530) ; et
 - les N premier et deuxième guides d'onde glissants courbés RF de chaque voie de transmission Vi (504), i variant de 1 à N, étant différents, disposés orthogonalement à l'axe de symétrie (Z), répartis angulairement et respectivement sur les NC deuxième(s) et troisième(s) tronçons de surface de révolution de la deuxième surface externe (528) et de la troisième surface externe (530), les deuxième et troisième tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe longitudinal (Z) des premier et deuxième guides d'ondes de chaque voie Vi étant appariés entre eux, ayant un même indice k(i) de deuxième et troisième tronçons sur les deuxième et troisième surfaces et étant situés le long de l'axe longitudinal (Z) à leurs niveaux associés L1k(i), L2k(i).
8. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la première pièce extérieure (12 ; 212 ; 312 ; 422 ; 512) comporte N premières bornes RF de raccordement externe de voie, raccordées respectivement une à une aux N premiers ports d'accès RF des N premiers guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la première surface de transmission RF au travers de N premières liaisons de transition correspondantes distinctes, traversant la première pièce extérieure.
 9. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la deuxième pièce intérieure (18 ; 218 ; 318 ; 432) comporte N deuxième bornes RF de raccordement externe de voies de transmission RF, raccordées respectivement une à une aux N deuxième ports d'accès RF des premiers guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la deuxième surface de transmission RF au travers de N deuxième liaisons de transition correspondantes distinctes qui traversent longitudinalement et intérieurement la deuxième pièce intérieure.
 10. Joint tournant RF selon la revendication 9, dans lequel la première pièce extérieure (12 ; 212 ; 312 ; 422) et la deuxième pièce intérieure (18 ; 218 ; 318 ; 432) sont respectivement un stator et un rotor ou sont respectivement de manière réciproque un rotor et un stator.
 11. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 7 à 8, dans lequel la troisième pièce extérieure (520) comporte N deuxième bornes RF de raccordement externe de voie de transmission RF, raccordées respectivement une à une aux N quatrièmes ports d'accès RF des N deuxième guides d'onde glissants courbés RF correspondants de la quatrième surface de transmission RF au travers de N deuxième liaisons de transition correspondantes distinctes, traversant la troisième pièce extérieure, et les N deuxième ports d'accès des premiers guides d'ondes glissants courbés sont raccordées un à un pour par voie de transmission unitaire aux N troisième ports d'accès des deuxième guides d'onde glissants courbés.
 12. Joint tournant RF selon la revendication 11, dans lequel la première pièce extérieure (512) et la troisième pièce extérieure (520) sont respectivement un stator et un rotor ou sont respectivement de manière réciproque un rotor et un stator.
 13. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 2 à 12, dans lequel les deux murs latéraux de confinement et de guidage de chaque premier guide d'onde glissant courbé sont formés chacun d'un réseau uni-ou bidimensionnel de plots à surface électriquement conductrice ; les plots des deux murs latéraux de chaque premier guide d'onde glissant courbé sont élançés et font saillie depuis une seule et même surface circonférentielle électriquement conductrice du premier guide d'onde, ou depuis les deux surfaces circonférentielles électriquement conductrices du premier guide d'onde à raison d'un mur latéral par surface circonférentielle, ou par entrelacement des plots depuis les deux surfaces circonférentielles électriquement conductrices pour au moins un mur latéral pris parmi les deux murs latéraux.
 14. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 2 à 13, dans lequel les deux murs d'extrémités circonférentielles de confinement et de guidage de chaque premier guide d'onde glissant courbé sont disposés de part et d'autre des premier et deuxième accès RF ; et les deux murs d'extrémités circonférentielles de confinement et de guidage sont formés chacun d'un réseau uni-ou bidimensionnel de plots à surface électriquement conductrice ; et les plots des deux murs d'extrémités circonférentielles sont élançés et font saillie respectivement depuis la première surface de transmission pour le premier mur d'extrémité associé à et disposé au voisinage

du premier accès RF et depuis la deuxième surface de transmission pour le deuxième mur d'extrémité associé à et disposé au voisinage du deuxième accès RF.

15. Joint tournant RF selon la revendication 14, dans lequel

les plots des murs d'extrémité de la ou de plusieurs voies de transmissions RF situées à un même niveau longitudinal sont formés par des lignes circonférentielles de plots agencées en peigne de sorte à permettre un croisement libre mécanique des premier et des deuxième murs d'extrémité lorsque les première et deuxième pièces tournent l'une par rapport à l'autre tout en assurant leur fonction de confinement des ondes électromagnétiques.

16. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans lequel

des moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF pris parmi les premiers et deuxième moyens de confinement et de guidage des signaux électromagnétiques RF sont partagés entre des premiers guides d'onde glissants courbés circonférentiellement ou latéralement adjacents.

17. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans lequel

Les premier(s) rayon(s) moyen(s) interne(s) $r1(k)$ et les deuxième(s) rayons moyen(s) externes $r2(k)$, k variant de 1 à NC, sont respectivement égaux à une première constante $r1$ et à une deuxième constante $r2$.

18. Joint tournant RF selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans lequel

le nombre NC de tronçons de la première surface de transmission, respectivement de tronçons de la deuxième surface de transmission, est supérieur ou égal à 2, et

au moins deux tronçons de la première surface de transmission ont des premiers rayons internes différents ; et

les aux moins deux tronçons de la deuxième surface de transmission, associés en vis-à-vis, ont des deuxième rayons externes différents.

19. Joint tournant radiofréquence RF selon l'une quelconques des revendications 1 à 18, dans lequel

les NC premiers tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindriques autour de l'axe (Z), situés à des premiers niveaux différents $L1(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des premier(s) rayon(s) interne(s) $r1(k)$, k variant de 1 à NC ; et les NC deuxième(s) tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindri-

ques autour de l'axe (Z), situés respectivement aux premiers niveaux différents $L1(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des deuxième(s) rayon(s) externe(s) $r2(k)$, k variant de 1 à NC ; et/ou

les NC troisième(s) tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindriques autour de l'axe (Z), situés à des deuxième(s) niveaux différents $L2(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des troisième(s) rayon(s) externe(s) $r3(k)$, k variant de 1 à NC ; et les NC quatrième(s) tronçons de surfaces de révolution autour de l'axe (Z) sont des tronçons cylindriques autour de l'axe (Z), situés respectivement aux deuxième(s) niveaux différents $L2(k)$, k variant de 1 à NC, le long de l'axe longitudinal de symétrie (Z) et associés à des quatrième(s) rayon(s) interne(s) $r4(k)$, k variant de 1 à NC.

20. Dispositif rotatif de guidage d'ondes RF comportant :

- une première partie ;
- une deuxième partie rotative par rapport à la première partie ; et
- un joint tournant RF selon l'une des revendications 1 à 19, destiné à raccorder les première et deuxième parties dudit dispositif rotatif et à transmettre des signaux électromagnétiques entre ces deux parties.

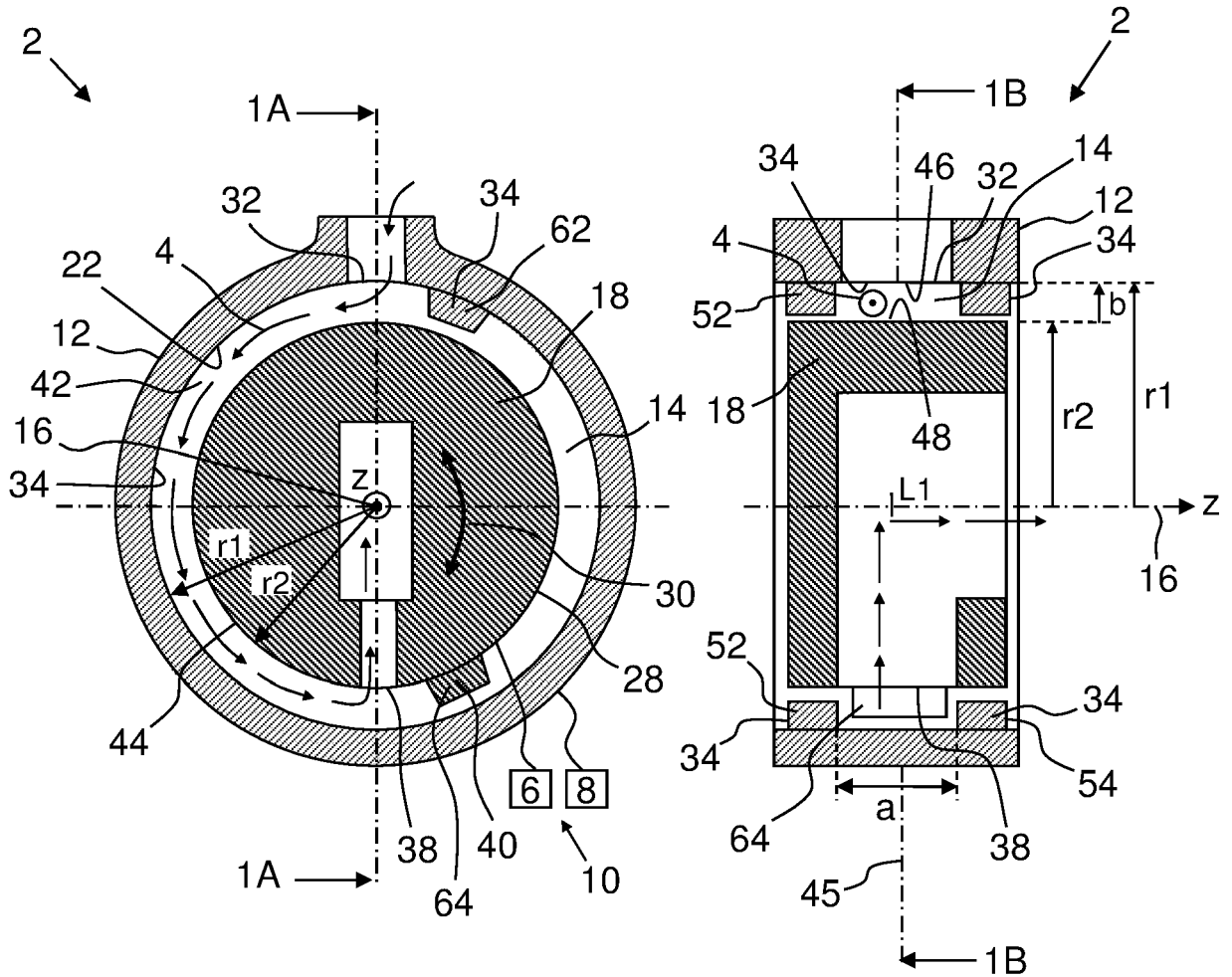


FIG.1B

FIG.1A

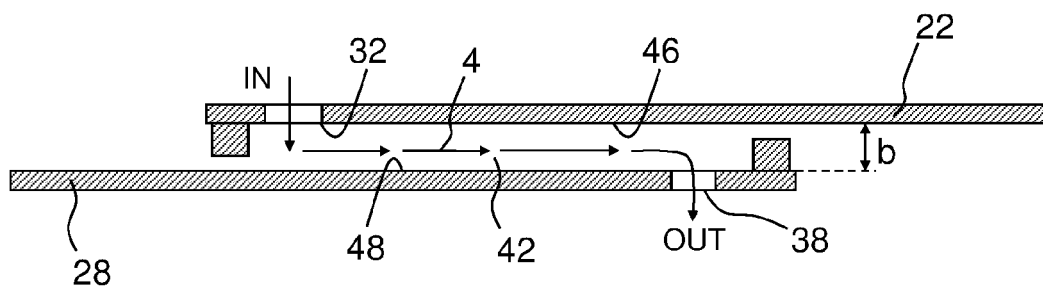


FIG. 2A

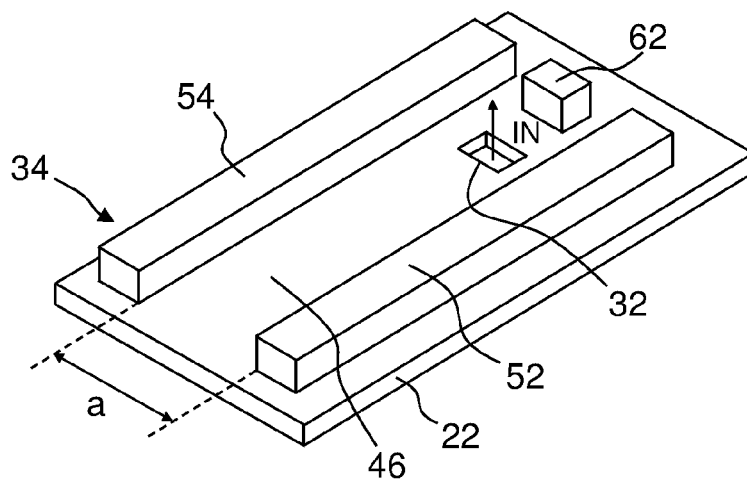


FIG. 2B

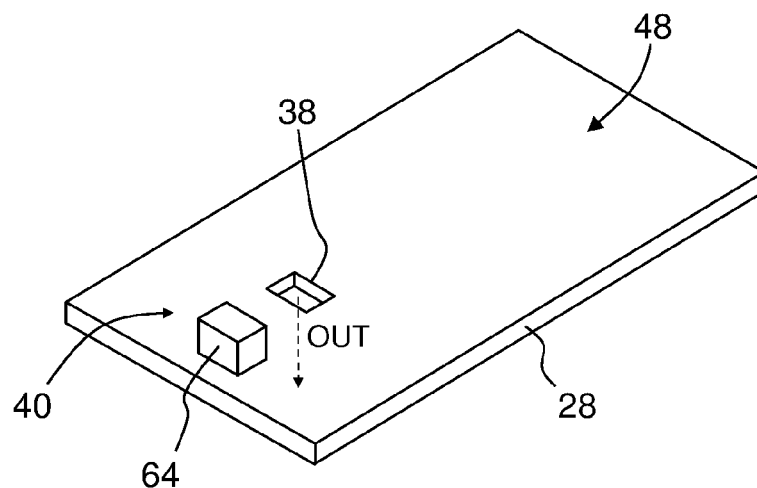


FIG. 2C

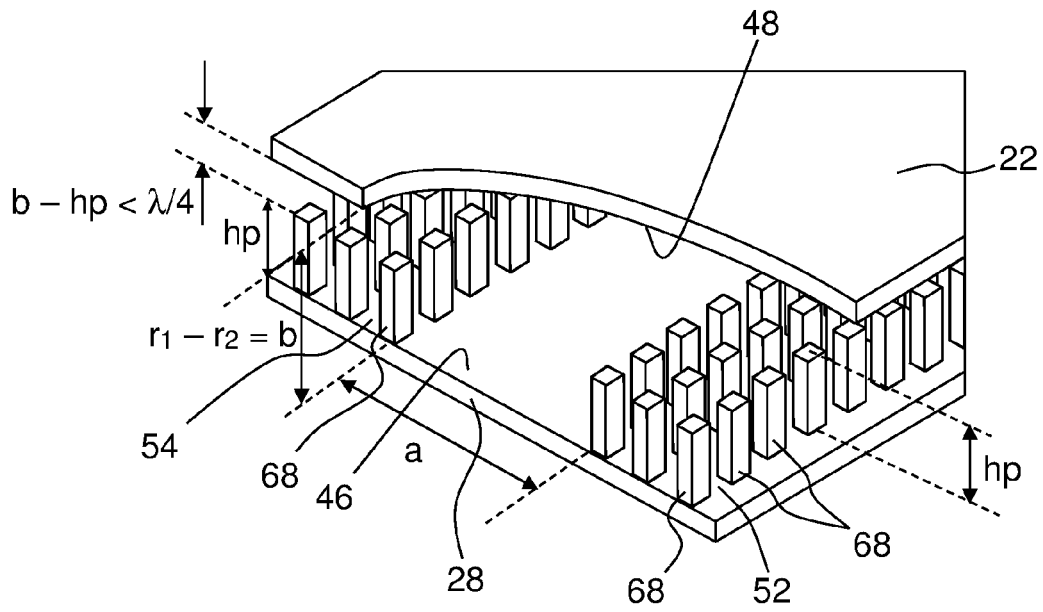


FIG. 3

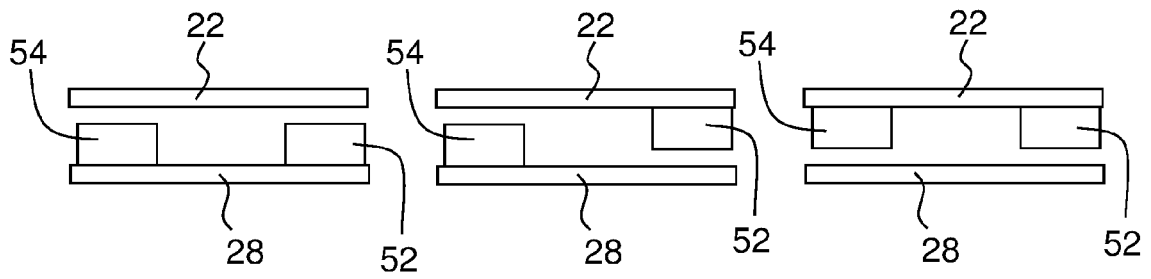


FIG. 4A

FIG. 4B

FIG. 4C

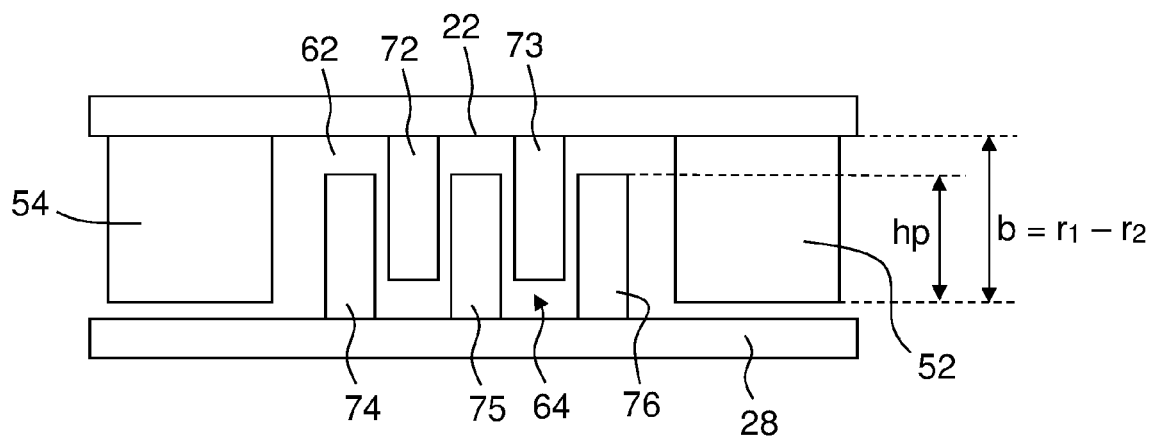
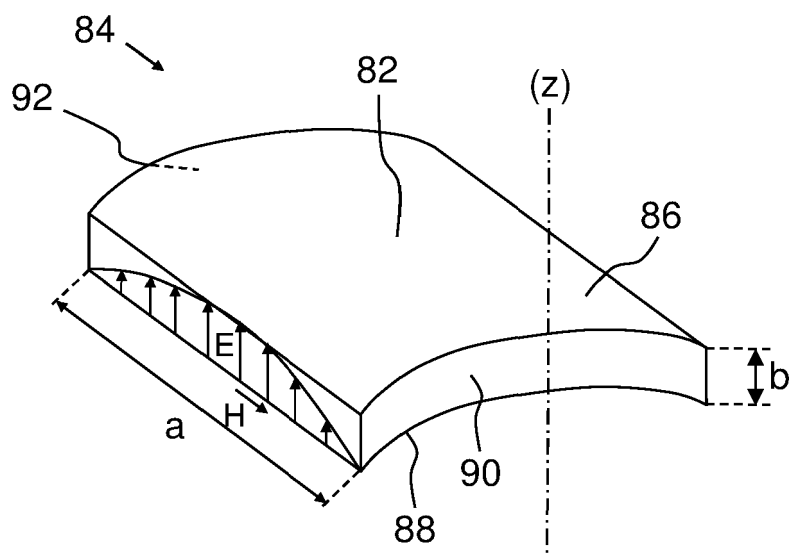
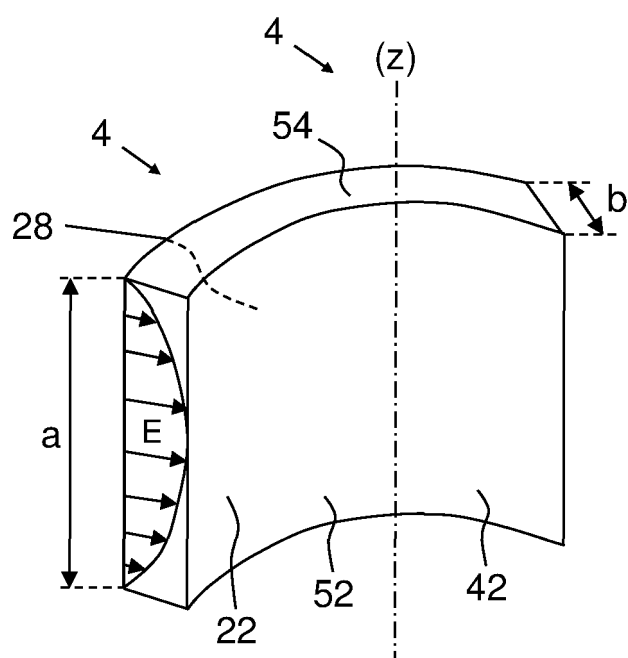


FIG. 5



Courbure Plan H

FIG. 6A



Courbure Plan E

FIG. 6B

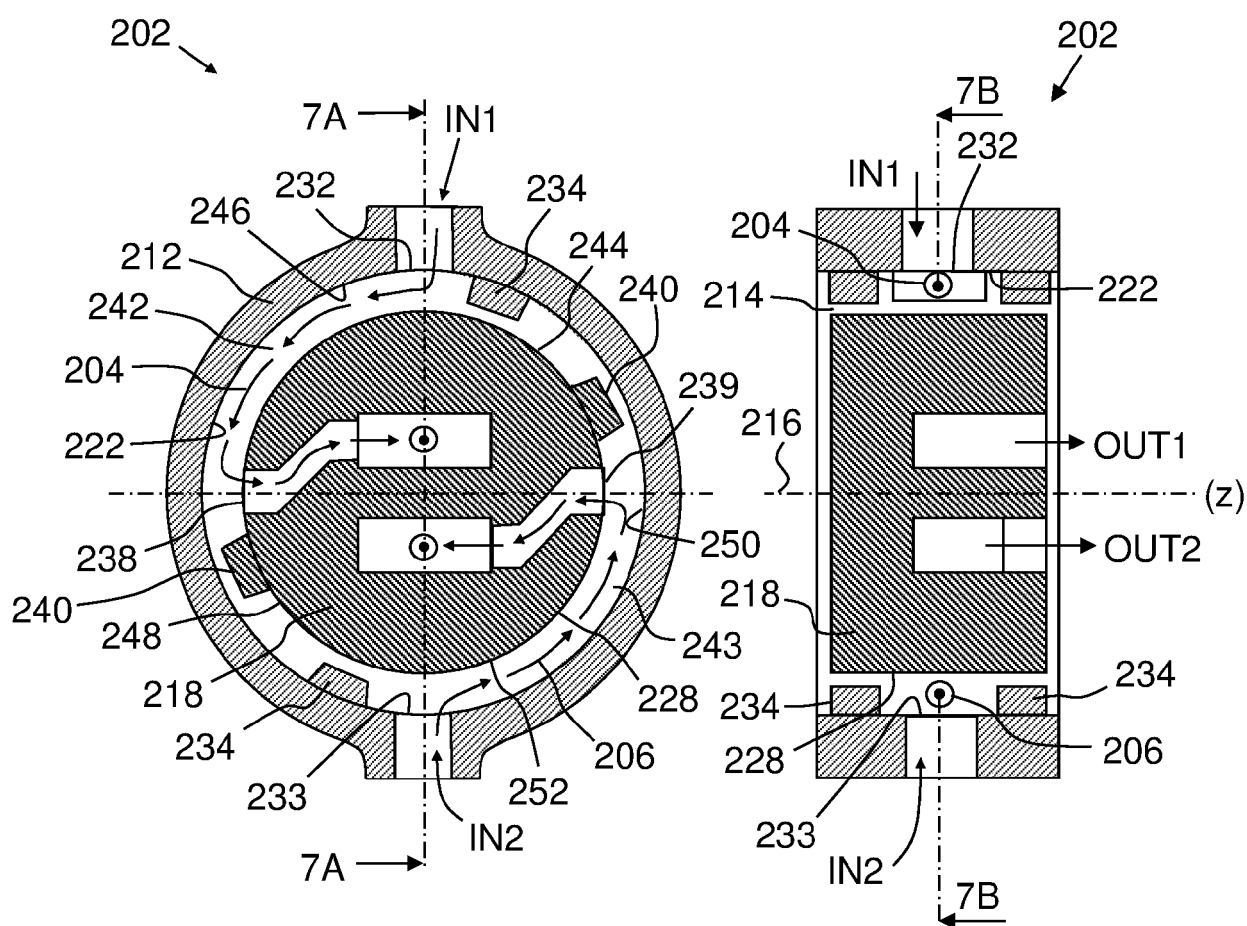


FIG.7B

FIG.7A

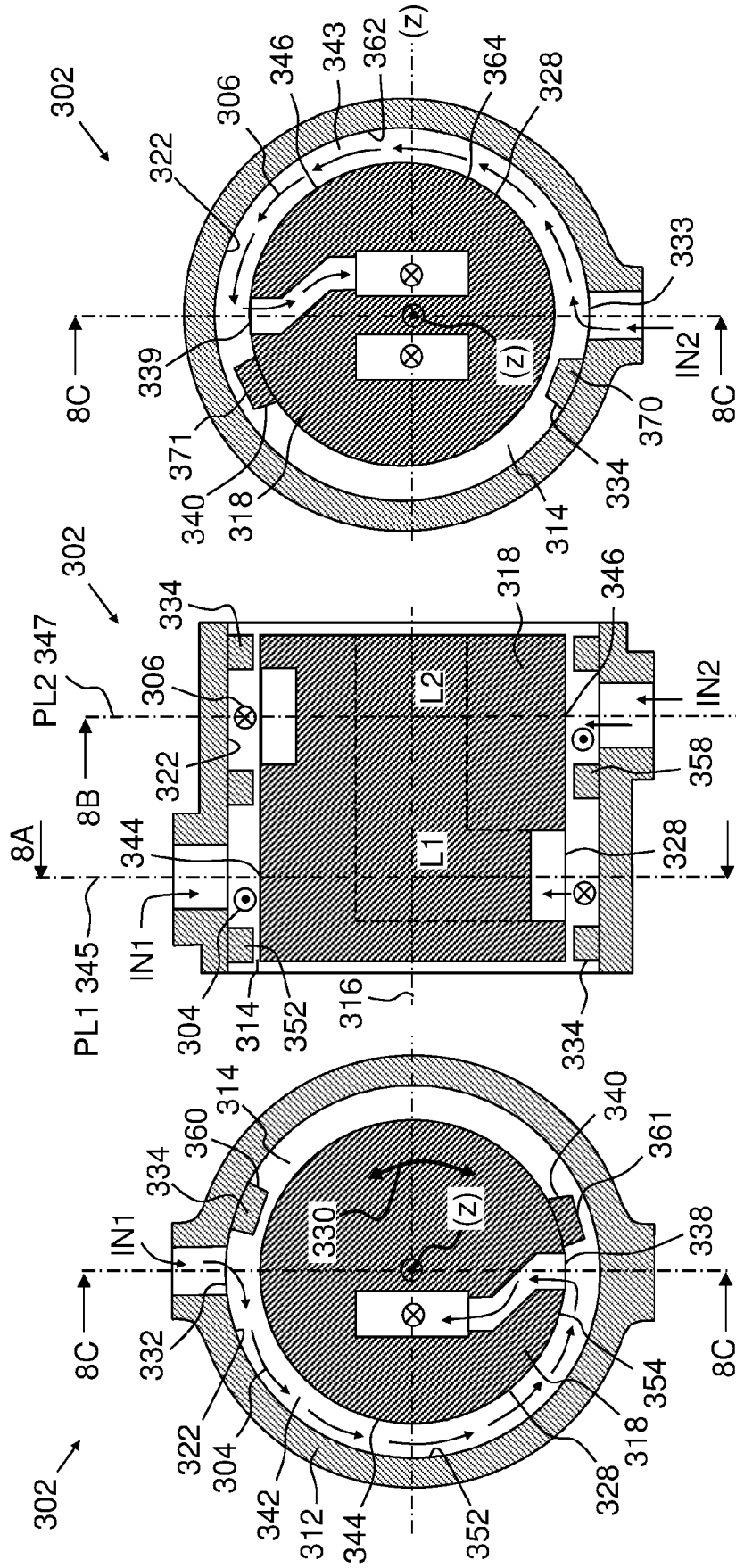


FIG. 8B

FIG. 8C

FIG. 8A

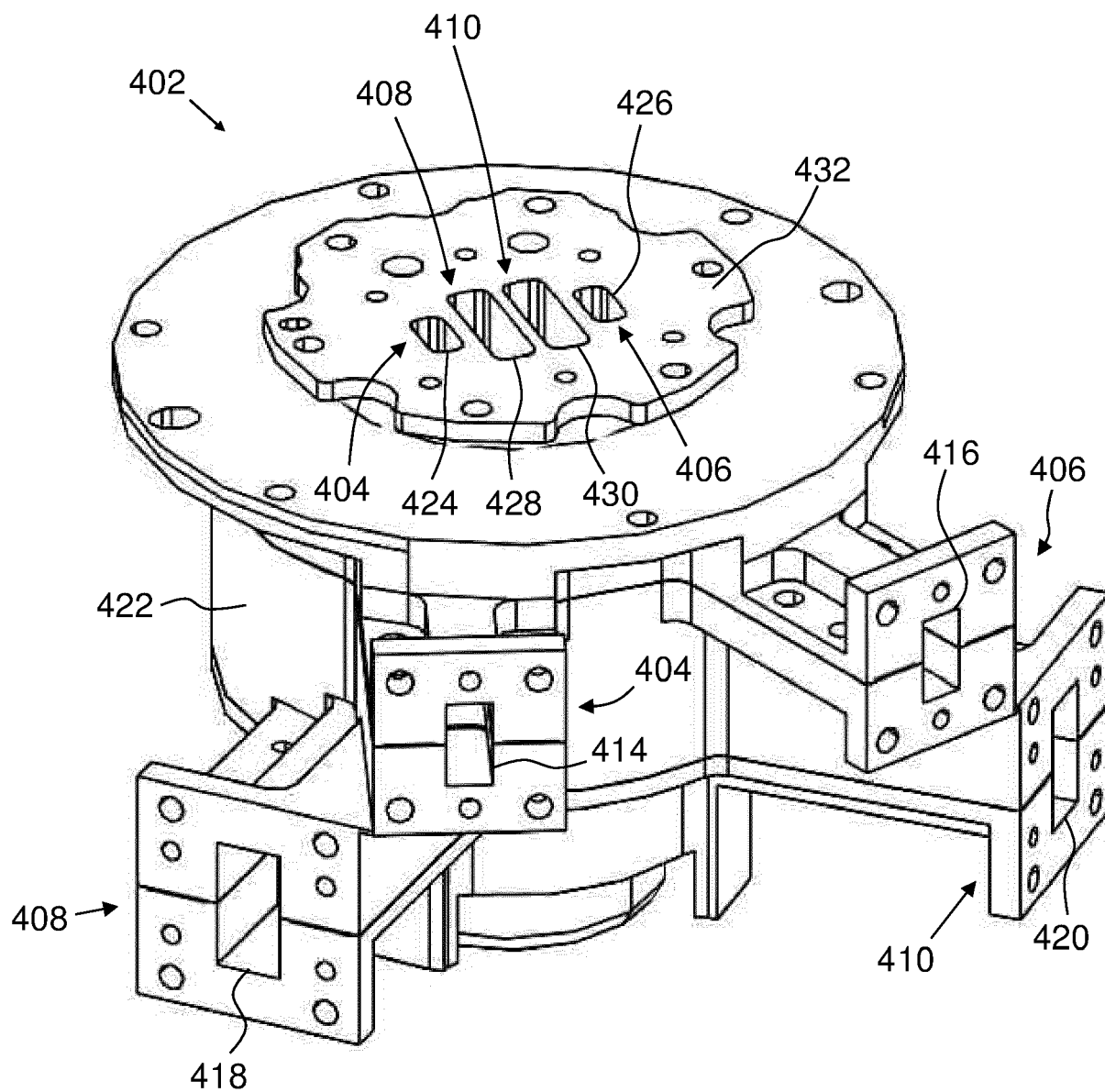


FIG.9

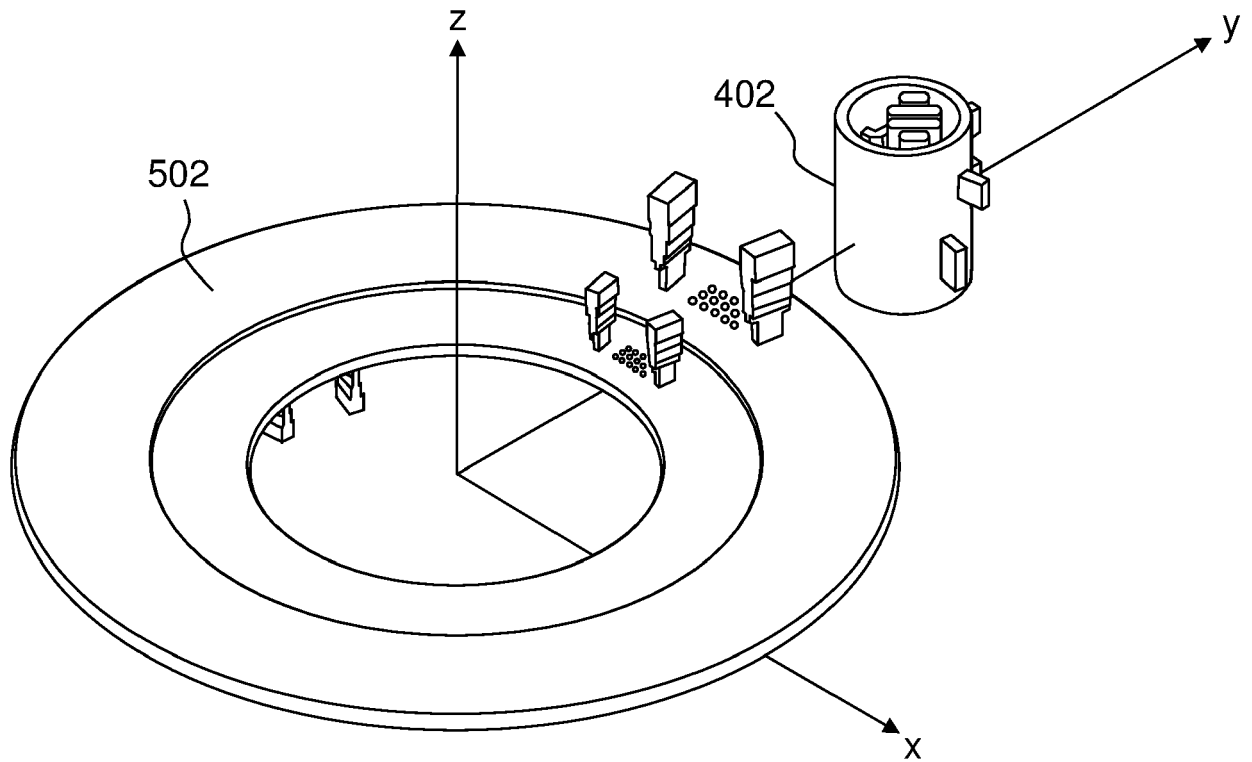


FIG.10

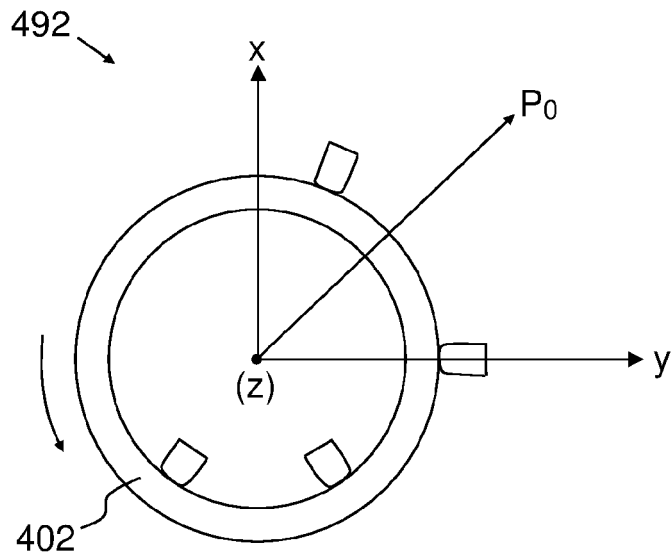


FIG. 11A

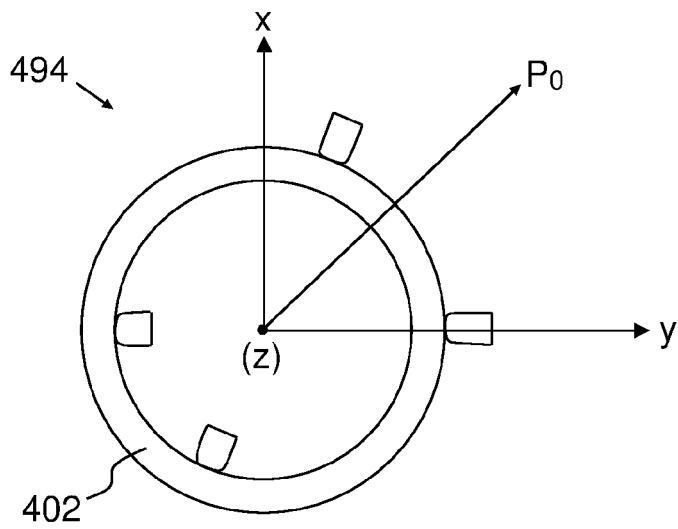


FIG. 11B

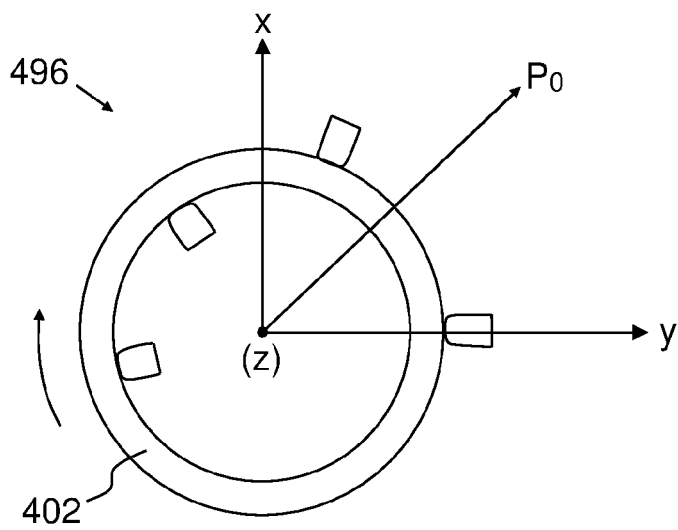


FIG. 11C

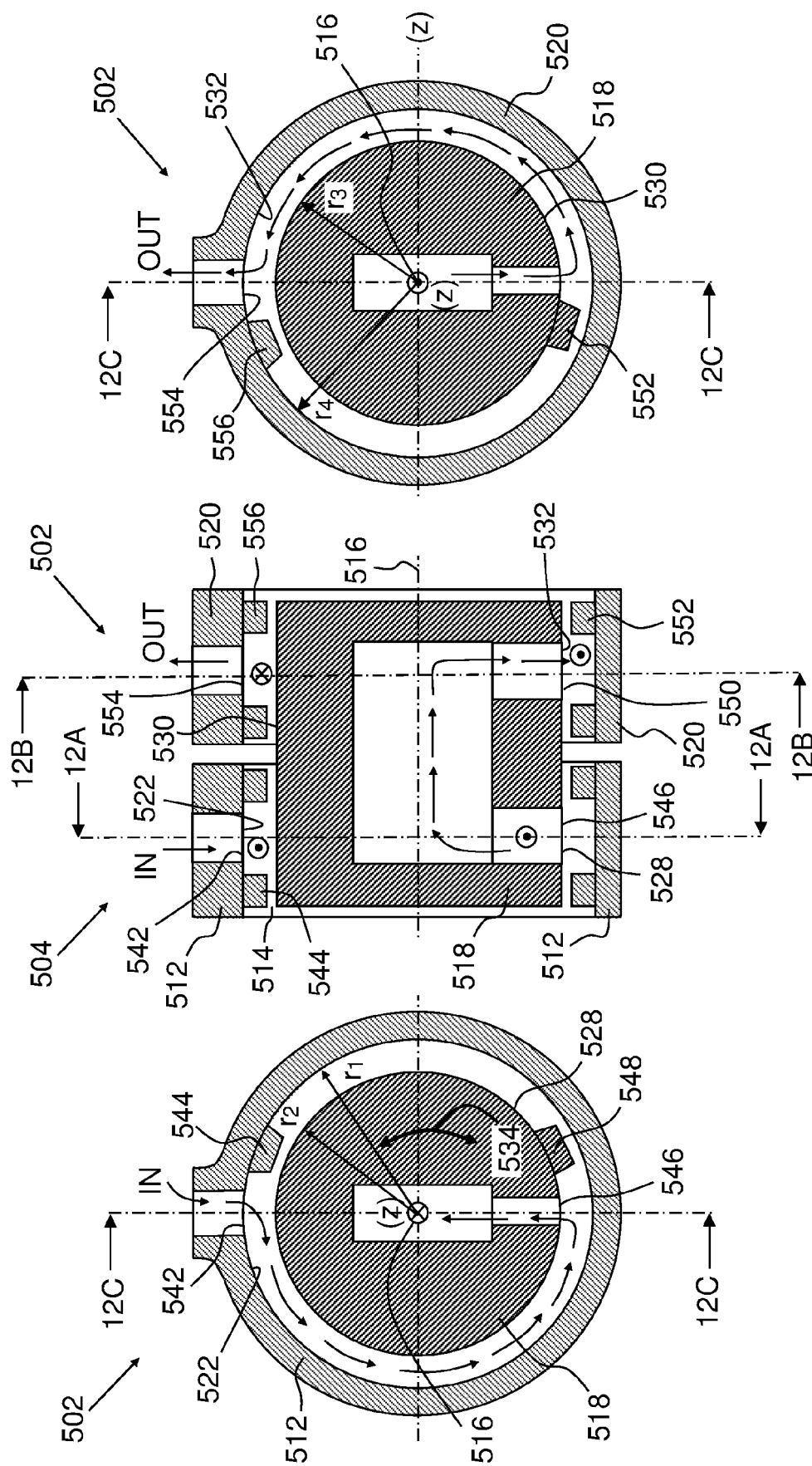


FIG. 12A

FIG. 12C

FIG. 12B



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 21 4965

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	EP 2 343 774 A1 (PANASONIC CORP [JP]) 13 juillet 2011 (2011-07-13) * alinéa [0031] - alinéa [0067]; figures 3-14 *	1-20	INV. H01P1/06 H01P3/123
A	----- HIDEKI KIRINO ET AL: "A 76 GHz Multi-Layered Phased Array Antenna Using a Non-Metal Contact Metamaterial Waveguide", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION., vol. 60, no. 2, 1 février 2012 (2012-02-01), pages 840-853, XP055545959, US ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2011.2173112 * C. Phase shifter; page 842 - page 844; figure 7 * * B. Principe; page 847 - page 848; figures 21,22 *	1-20	
A	----- WO 2017/131099 A1 (NIDEC ELESYS CORP [JP]; WGR CO LTD [JP]) 3 août 2017 (2017-08-03) * alinéa [0047] - alinéa [0061]; figures 6A-7D *	1-20	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01P
A	----- EP 3 147 994 A1 (GAPWAVES AB [SE]) 29 mars 2017 (2017-03-29) * alinéa [0089] - alinéa [0094]; figures 10-12 *	1-20	
----- -/--			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13 mai 2020	Examineur Pastor Jiménez, J
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)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 21 4965

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	BORNEMANN J ET AL: "Compact single-channel rotary joint using ridged waveguide sections for phase adjustment", IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, PLENUM, USA, vol. 51, no. 8, 1 août 2003 (2003-08-01), pages 1982-1986, XP011098978, ISSN: 0018-9480, DOI: 10.1109/TMTT.2003.815269 * le document en entier * -----	1-20	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13 mai 2020	Examineur Pastor Jiménez, J
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 19 21 4965

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.

13-05-2020

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

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

Date de
publication

15

EP 2343774 A1 13-07-2011 CN 102160236 A 17-08-2011
EP 2343774 A1 13-07-2011
JP 5514731 B2 04-06-2014
JP WO2010050122 A1 29-03-2012
US 2011187614 A1 04-08-2011
WO 2010050122 A1 06-05-2010

20

WO 2017131099 A1 03-08-2017 CN 107026304 A 08-08-2017
CN 206602168 U 31-10-2017
CN 207977435 U 16-10-2018
CN 207977436 U 16-10-2018
CN 207977437 U 16-10-2018
DE 112017000573 T5 28-02-2019
JP 6549331 B2 24-07-2019
JP 2019186952 A 24-10-2019
JP 2019508945 A 28-03-2019
US 2018375219 A1 27-12-2018
WO 2017131099 A1 03-08-2017

25

EP 3147994 A1 29-03-2017 CN 108432037 A 21-08-2018
EP 3147994 A1 29-03-2017
JP 2018528711 A 27-09-2018
KR 20180088639 A 06-08-2018
US 2018269557 A1 20-09-2018
WO 2017050817 A1 30-03-2017

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 3029018 [0005]
- FR 1700950 [0007]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **EVA RAJO-IGLESIAS et al.** Groove Gap Waveguide : A Rectangular Waveguide Between Contactless Metal Plates Enabled by Parallel-Plate Cut-Off. *Proceedings of the Fourth European Conference on Antenna and Propagation*, 08 Juillet 2010 [0021]