



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
17.06.2020 Bulletin 2020/25

(51) Int Cl.:
H01P 1/18 (2006.01) **H01P 3/12 (2006.01)**
H01P 3/123 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19214377.4**

(22) Date de dépôt: **09.12.2019**

(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: **11.12.2018 FR 1872664**

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

(72) Inventeurs:
• **BROSSIER, Jérôme**
31470 Fonsorbes (FR)
• **VYNOHRADOV, Dimitri**
31000 Toulouse (FR)
• **NAVARRE, Gilles**
31400 Toulouse (FR)
• **MONTEILLET, Benjamin**
31037 Toulouse Cedex 01 (FR)

(74) Mandataire: **Priori, Enrico**
Marks & Clerk France
Immeuble "Visium"
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(54) **DISPOSITIF DE DEPHASAGE MECANIQUE LARGE BANDE EN ONDE GUIDEES**

(57) [Dispositif de déphasage d'un signal radiofréquence, comprenant un premier support (SF) et un deuxième support (SM), un port d'entrée (PE) et un port de sortie (PS) de signaux radiofréquence, le port d'entrée (PE) et le port de sortie (PS) étant aménagés sur le premier support (SF), le dispositif de déphasage comprenant :

un premier réseau de plots conducteurs (RP1) répartis sur le premier support (SF) et s'étendant depuis le port d'entrée (PE),

un deuxième réseau de plots conducteurs (RP2) répartis sur le deuxième support (SM),

le premier support (SF), le deuxième support (SM), le premier réseau de plots conducteurs (RP1) et le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2) étant agencés pour former une structure de guidage des signaux radiofréquences de longueur variable et ayant une section transverse rectangulaire, le premier réseau de plots conducteurs (RP1) et le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2) étant configurés pour que la longueur et section transverse de la structure de guidage soient modifiées, sur au moins une partie du trajet de propagation des signaux radiofréquence dans la structure de guidage, lorsque le deuxième support (SM) se déplace par rapport au premier support (SF).

[Fig. 1A]

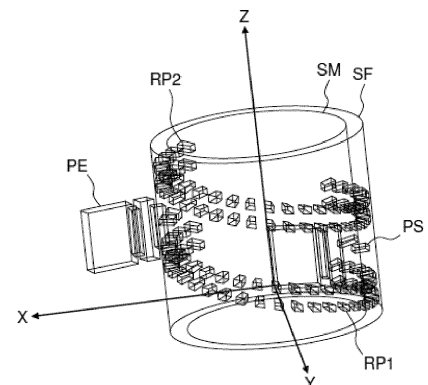


FIG. 1A

Description

[0001] L'invention porte sur un dispositif de déphasage d'un signal radiofréquence. Elle s'applique en particulier, mais non exclusivement, au domaine des télécommunications spatiales, et notamment aux instruments du type interféromètres et radar.

[0002] Les dispositifs de déphasage, également appelés déphaseurs, permettent de retarder une onde électromagnétique. Ils sont notamment employés dans les antennes réseaux à commande de phase. Un même signal est émis ou reçu par une pluralité d'éléments rayonnants. Chaque élément rayonnant est couplé individuellement à un déphaseur et à un amplificateur. Le déphasage appliqué individuellement peut varier de 0° à 360°. Le rayonnement émis ou reçu par chacun des éléments rayonnants entre ainsi en interférence avec le rayonnement des autres éléments rayonnants. Le faisceau est produit par la somme des interférences constructives et peut être orienté vers une direction spécifique en variant la phase entre les éléments, en fonction de la loi de phase prédéterminée.

[0003] Les déphaseurs de l'état de la technique peuvent être répartis en trois grandes familles : les déphaseurs à ferrites, les déphaseurs à MEMS (microelectromechanical systems, ou microsystèmes électromécaniques), et les déphaseurs mécaniques.

[0004] Le déphaseur à ferrite produit une phase variable d'insertion sur le trajet d'un signal radio, sans changer sa longueur physique. Le déphasage est obtenu par la variation de la perméabilité de la ferrite, obtenue par des variations du champ magnétique de pilotage du déphaseur. Le contrôle du champ magnétique de pilotage nécessite des circuits actifs de polarisation du champ magnétique, qui permettent d'obtenir des temps de commutation très rapides. Cette rapidité du temps de commutation est souvent requise dans les applications radars, par exemple pour la commutation de faisceau. Toutefois, les circuits actifs mentionnés entraînent une forte dissipation thermique, et nécessitent ainsi un contrôle thermique. Le contrôle thermique, avec les circuits de pilotage du champ magnétique, confèrent au déphaseur à ferrite une structure complexe, ce qui peut être un frein à l'intégration, notamment pour un nombre élevé de déphaseurs à monter sur un seul radar. Leur fabrication engendre enfin beaucoup de rebut.

[0005] Dans les déphaseurs à MEMS, le déphasage est opéré par le changement de la géométrie d'une ligne micro-ruban, ce qui modifie la constante de propagation de la ligne. Le changement de géométrie est effectué selon deux axes (longueur de la ligne et largeur de la ligne), par des micro-actuateurs. Un exemple de déphaseur à MEMS est décrit dans le document « Low-loss Millimeter-wave Phase Shifters Based on Mechanical Reconfiguration » (Romano et al., PIERS Proceedings, Prague, Czech Republic, July 6-9, 2015). Ces déphaseurs ne permettent toutefois pas de faire passer des puissances importantes, en raison de la taille des micro-

actuateurs. Par ailleurs, le déphasage n'est généralement pas constant sur une grande largeur de bande. Ces déphaseurs ne sont donc pas spécialement large bande. Enfin, leur durée de vie est limitée.

[0006] Les déphaseurs mécaniques, par exemple les déphaseurs de type « trombone à coulisse », sont de conception plus simple que les déphaseurs à ferrite et les déphaseurs à MEMS, et permettent généralement de faire passer des puissances importantes, avec peu de pertes. Les déphaseurs de type « trombone à coulisse » comprennent une partie mobile et une branche conductrice. La partie mobile est creuse et de diamètre supérieur au diamètre de la branche conductrice, ce qui permet à la partie mobile de coulisser le long de la branche conductrice selon un mouvement de translation, pour ajuster le déphasage. Un exemple de déphaseur de type « trombone à coulisse », associé à un répartiteur de puissance électrique, est décrit dans le document FR 2 977 381. Dans ce type de structure, la section transversale reste constante, alors que la longueur varie. Ainsi, la modification de la phase n'est pas la même, selon la fréquence du signal. Les déphaseurs de type « trombone à coulisse » ne sont donc pas large bande.

[0007] Le document US 2017/0077576 A1 décrit un déphaseur mécanique, comprenant une plaque fixe équipée d'un réseau de plots, et d'une plaque mobile équipée d'une rangée de plots. Les signaux à déphaser sont transmis dans une structure de guidage composée d'une nervure, située sur la plaque fixe, et de la rangée de plots. Lorsque la plaque mobile se déplace transversalement à la nervure, la range de plots s'éloigne de la nervure, et la longueur du chemin du courant électrique circulant dans le guide d'ondes décroît. La structure de guidage décrite dans le document US 2017/0077576 A1 n'offre pas une grande amplitude de mouvement entre les deux plaques, ce qui limite le déphasage appliqué. En effet, le déplacement est limité pour éviter que la rangée de plots de la plaque mobile et le réseau de plots de la plaque fixe n'entrent en contact l'une avec l'autre, ce qui générerait des frottements indésirables entre les pièces.

[0008] L'invention vise donc à obtenir un déphaseur facile à fabriquer, large bande, permettant de faire passer des puissances importantes, et ne présentant pas ou peu de dissipation thermique.

[0009] Un objet de l'invention est donc un dispositif de déphasage d'un signal radiofréquence, comprenant un premier support et un deuxième support, le premier support et le deuxième support étant montés de manière à permettre un mouvement relatif, un port d'entrée et un port de sortie de signaux radiofréquence étant aménagés sur le premier support, le dispositif de déphasage comprenant :

un premier réseau de plots conducteurs répartis sur le premier support et s'étendant depuis le port d'entrée,
un deuxième réseau de plots conducteurs répartis

sur le deuxième support,
le premier support, le deuxième support, le premier
réseau de plots conducteurs et le deuxième réseau
de plots conducteurs étant agencés pour former une
structure de guidage des signaux radiofréquences
de longueur variable et ayant une section transverse
rectangulaire qui met en communication le port d'en-
trée et le port de sortie, le premier réseau de plots
conducteurs et le deuxième réseau de plots conduc-
teurs étant configurés pour que la section transverse
et la longueur de la structure de guidage soit modi-
fiées, sur au moins une partie du trajet de propaga-
tion des signaux radiofréquence dans la structure de
guidage, lors du mouvement relatif entre le premier
support et le deuxième support.

[0010] Avantageusement, le dispositif comprend :

- une première portion de court-circuit est disposée à proximité du port d'entrée, et configurée pour con-
traindre la propagation des signaux radiofréquence
depuis le port d'entrée vers la structure de guidage ;
- une deuxième portion de court-circuit est disposée
à proximité du port de sortie, et configurée pour con-
traindre la propagation des signaux radiofréquence
depuis la structure de guidage vers le port de sortie.

[0011] Avantageusement, le premier réseau de plots
conducteurs et le deuxième réseau de plots conducteurs
sont couplés à une portion guidée à dimensions cons-
tantes au niveau d'un premier accès,
la portion guidée à dimensions constantes étant couplée,
au niveau d'un deuxième accès, à un troisième réseau
de plots conducteurs et à un quatrième réseau de plots
conducteurs, le troisième réseau de plots conducteurs
et le quatrième réseau de plots conducteurs étant res-
pectivement disposés sur le premier support et le deuxi-
ème support,
la structure de guidage étant également formée par le
troisième réseau de plots conducteurs et par le quatri-
ème réseau de plots conducteurs, de façon à ce que la section
transverse de la structure de guidage soit modifiée, au
niveau du troisième réseau de plots conducteurs et du
quatrième réseau de plots conducteurs, lors du mouve-
ment relatif entre le premier support et le deuxième sup-
port.

[0012] Avantageusement, le deuxième support et le
premier support sont de forme cylindrique autour d'un
même axe Z,
le premier réseau de plots conducteurs comprenant une
première portion hélicoïdale d'axe Z,
le deuxième réseau de plots conducteurs comprenant
une deuxième portion hélicoïdale d'axe Z,
la première portion hélicoïdale et la deuxième portion
hélicoïdale étant inclinées selon une même pente pré-
déterminée.

[0013] Avantageusement, le premier réseau de plots
conducteurs et le deuxième réseau de plots conducteurs

comprennent chacun deux portions droites, majoritaire-
ment incluses dans des plans orthogonaux à l'axe Z, et
disposées respectivement de part et d'autre de la pre-
mière portion hélicoïdale et de la deuxième portion héli-
coïdale.

[0014] Avantageusement, le deuxième support est
configuré pour être mobile en rotation dans le premier
support autour de l'axe Z,
la portion guidée à dimensions constantes traversant dia-
métralement le deuxième support sur des plans distincts
selon l'axe Z depuis le premier accès jusqu'au deuxième
accès.

[0015] Avantageusement, le deuxième support est
configuré pour être mobile en rotation autour du premier
support,
le port d'entrée et le port de sortie étant coaxiaux à l'axe Z,
le port d'entrée étant relié au premier réseau de plots
conducteurs et au deuxième réseau de plots conducteurs
par l'intermédiaire d'un premier guide coudé,
le port de sortie étant relié au troisième réseau de plots
conducteurs et au quatrième réseau de plots conduc-
teurs par l'intermédiaire d'un deuxième guide coudé,
la portion guidée à dimensions constantes étant agencée
sur au moins une partie du pourtour annulaire du deuxi-
ème support.

[0016] Avantageusement, le troisième réseau de plots
conducteurs comprend une troisième portion hélicoïdale
et à un quatrième réseau de plots conducteurs compren-
ant une quatrième portion hélicoïdale, la troisième por-
tion hélicoïdale et la quatrième portion hélicoïdale étant
inclinées selon la pente prédéterminée et étant couplées
en extrémité au port de sortie.

[0017] Avantageusement, le deuxième support et le
premier support sont de forme cylindrique autour d'un
même axe Z, le deuxième support étant configuré pour
être mobile en rotation dans le premier support,
un pion étant disposé dans un évidement du deuxième
support, le pion et l'évidement étant configurés pour que
la rotation du deuxième support autour de l'axe Z provo-
que une translation du deuxième support.

[0018] Avantageusement, l'évidement a une forme in-
curvée, la forme incurvée étant configurée pour compen-
ser une non linéarité de la variation de phase lors de la
rotation du deuxième support autour de l'axe Z.

[0019] Avantageusement, le deuxième support et le
premier support étant de forme plane et situés l'un au-
dessus de l'autre avec une hauteur constante, le deuxi-
ème support étant mobile par rapport au premier support
le long d'un axe de translation,
le premier réseau de plots conducteurs comprenant deux
premières portions rectilignes parallèles à l'axe de trans-
lation, les deux premières portions rectilignes étant re-
liées entre elles par leurs extrémités à une première por-
tion inclinée selon un angle prédéterminé par rapport à
l'axe de translation,
le deuxième réseau de plots conducteurs comprenant
deux deuxièmes portions rectilignes parallèles à l'axe de
translation, les deux deuxièmes portions rectilignes étant

reliées entre elles par leurs extrémités à une deuxième portion inclinée selon l'angle prédéterminé par rapport à l'axe de translation, le troisième réseau de plots conducteurs et le quatrième réseau de plots conducteurs étant disposés symétriquement par rapport à un plan médian incluant l'axe de translation, le port d'entrée et le port de sortie étant disposés symétriquement de part et d'autre du plan médian, la portion guidée à dimensions constantes étant disposée sous le deuxième support, du côté opposé au premier support.

[0020] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description faite en référence aux dessins annexés donnés à titre d'exemple et qui représentent, respectivement :

[Fig.1A], la figure 1A, une première représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 180°, selon un mode de réalisation cylindrique ;

[Fig.1B] la figure 1B, une deuxième représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 180°, selon un mode de réalisation cylindrique ;

[Fig.1C] la figure 1C, une troisième représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 180°, selon un mode de réalisation cylindrique ;

[Fig.2A] la figure 2A, une première représentation des réseaux de plots conducteurs sur les supports fixes et mobiles, selon une vue en perspective ;

[Fig.2B] la figure 2B, une deuxième représentation des réseaux de plots conducteurs sur les supports fixes et mobiles, selon une vue en coupe transverse ;

[Fig.3] la figure 3, une représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 360°, selon un mode de réalisation cylindrique dans lequel le deuxième support est en rotation dans le premier support ;

[Fig.4] la figure 4, une représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 180°, selon un mode de réalisation plan ;

[Fig.5] la figure 5, une représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 360°, selon un mode de réalisation plan ;

[Fig.6A] la figure 6A, une vue du dispositif de déphasage selon la figure 5, dans un état initial ;

[Fig.6B] la figure 6B, une vue du dispositif de déphasage selon la figure 5, dans un état où la longueur et la largeur de la structure de guidage augmentent ;

[Fig.6C] la figure 6C, une vue du dispositif de déphasage selon la figure 5, dans un état où la longueur et la largeur de la structure de guidage diminuent ;

[Fig.7A] la figure 7A, une représentation en coupe transversale, du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 360°, selon un mode de réalisation cylindrique dans lequel le deuxième support est en rotation autour du premier support ;

[Fig.7B] la figure 7B, une représentation en coupe longitudinale du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 360°, selon un mode de réalisation cylindrique dans lequel le deuxième support est en rotation autour du premier support ;

[Fig.8A] la figure 8A, une première représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, selon un mode de réalisation cylindrique avec pion ;

[Fig.8B] la figure 8B, une deuxième représentation du dispositif de déphasage selon l'invention, selon un mode de réalisation cylindrique avec pion.

[0021] Le principe à la base de l'invention consiste à faire transiter un signal radiofréquence dans une structure guidée à section rectangulaire dont la longueur électrique « L » et le grand côté « a » varient simultanément, dans des proportions finies. La variation du grand côté est ainsi fonction de la variation de la longueur électrique. La solution proposée permet, sur un seul et unique degré de liberté de faire varier les deux degrés de liberté de variation de phase dans le guide. L'avantage d'utiliser une onde guidée dans une structure de guidage à section rectangulaire permet de limiter les pertes ohmiques et de passer des signaux radiofréquence de forte puissance. Par « section rectangulaire », on entend à la fois les structures guidées à section purement rectangulaire, ainsi que les structures guidées rectangulaires présentant des nervures (ou « ridges » selon la terminologie anglo-saxonne). La présence de nervures permet d'élargir la bande de fréquence.

[0022] La longueur d'onde de coupure et la constante de propagation caractéristique du guide sont des fonctions du grand côté d'une structure de guidage rectangulaire, la phase de sortie du déphaseur peut être ajustée en ajustant les dimensions du grand côté.

[0023] La combinaison des variations de la longueur électrique « L » et du grand côté « a » peut être avantageusement effectuée par un mouvement de rotation. Les figures 1A, 1B et 1C illustrent un premier mode de réalisation du déphaseur selon l'invention. En particulier, la

figure 1A illustre une vue en perspective du déphaseur selon le premier mode de réalisation. Le déphaseur dispose d'un port d'entrée PE et d'un port de sortie PS, qui peuvent être matérialisés par exemple par des accès guidés à section rectangulaire. Le port d'entrée PE et le port de sortie PS sont aménagés sur un premier support SF. Le premier support SF est de forme cylindrique. Un deuxième support SM, de forme également cylindrique, est disposé à l'intérieur du premier support SF, de façon concentrique, avec le même axe de révolution Z. Le premier support SF est creux, de façon à permettre une rotation du deuxième support SM dans le premier support, autour de l'axe Z. Le premier support SF et le deuxième support SM forment ainsi un couple stator/rotor. Un premier réseau de plots conducteurs RP1 est réparti sur le premier support SF ; il s'étend depuis le port d'entrée PE jusqu'au port de sortie PS. Un deuxième réseau de plots conducteurs RP2 est réparti sur le deuxième support SM ; il s'étend également depuis le port d'entrée PE jusqu'au port de sortie PS. Le premier réseau de plots conducteurs RP1 et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2, le premier support SF et le deuxième support SM délimitent une structure de guidage entre le port d'entrée PE et le port de sortie PS.

[0024] Les plots conducteurs sont configurés pour coupler le champ électromagnétique du signal radiofréquence sur une grande largeur de bande. Ils sont périodiques en ce qu'un même plot est répliqué localement sur une surface déterminée, avec une période déterminée notamment en fonction de la fréquence de travail. Ils peuvent être constitués d'un matériau conducteur plein, par exemple un métal. Ils peuvent en variante être revêtus d'une surface conductrice, en particulier métallique. Ils constituent des murs électromagnétiques délimitant un canal de communication situé entre le premier support SF et le deuxième support SM. Les plots conducteurs peuvent être des cylindres de révolution, ou des pavés, voire même avoir une forme conique, ce qui confère un caractère large bande au réseau de plots conducteurs. Plus généralement, les plots conducteurs peuvent avoir toute forme faisant saillie par rapport au support sur lequel ils sont disposés.

[0025] La hauteur des plots conducteurs du premier réseau de plots conducteurs RP1 et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2 est sensiblement égale à l'espacement entre le premier support SF et le deuxième support SM, en laissant toutefois subsister un jeu entre l'extrémité de chaque plot et le support opposé qui lui fait face. Pour éviter tout contact entre le premier support SF et le deuxième support SM. Le premier réseau de plots conducteurs RP1 et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2 sont tous deux inclinés selon une même pente. Ainsi, lors du mouvement relatif entre le premier support SF et le deuxième support SM, à savoir une rotation du deuxième support SM dans le premier support SF, le deuxième réseau de plots conducteurs RP2 se rapproche ou s'éloigne du premier réseau de plots conducteurs RP1 selon l'axe Z.

[0026] La figure 1B illustre une vue en détail du deuxième support SM, et la figure 1C une vue en détail du premier support SF. Le premier réseau de plots conducteurs RP1 comprend une première portion hélicoïdale PH1 d'axe Z, et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2 comprend une deuxième portion hélicoïdale PH2 d'axe Z. La première portion hélicoïdale PH1 et la deuxième portion hélicoïdale PH2 sont inclinées selon une même pente prédéterminée. La pente est prédéterminée en fonction de contraintes techniques, qui peuvent être : la bande de fréquence, la valeur maximale de déphasage ($+180^\circ$ ou -180°), les dimensions du grand côté « a » pour un déphasage nul, et la longueur « L » de la structure de guidage pour un déphasage nul. Par exemple, pour la bande de fréquence 17,7-20,2 GHz, un grand côté « a » valant 10,5 mm, une longueur « L » valant 50 mm, les variations du grand côté « a » et de la longueur « L » peuvent être respectivement égales à 1,1 mm (Δa) et 5,8 mm (ΔL), pour un déphasage égale à -180° . Les valeurs Δa et ΔL permettent de calculer la pente de la première portion hélicoïdale PH1 et de la deuxième portion hélicoïdale PH2.

[0027] Comme l'illustre la figure 1C, une première portion de court-circuit PCC1 est disposée à proximité du port d'entrée PE. La première portion de court-circuit PCC1 est configurée pour contraindre la propagation des signaux radiofréquence depuis le port d'entrée PE vers la structure de guidage. De la même manière, une deuxième portion de court-circuit PCC2 est disposée à proximité du port de sortie PS, et configurée pour contraindre la propagation des signaux radiofréquence depuis la structure de guidage vers le port de sortie PS. La première portion de court-circuit PCC1 et la deuxième portion de court-circuit PCC2 sont constitués de plots conducteurs métalliques agencés en réseau, et constituent un mur électromagnétique pour empêcher que le signal radiofréquence ne se propage en-dehors de la structure de guidage. La première portion de court-circuit PCC1 est disposée du côté du port d'entrée PE qui est opposé à la première portion hélicoïdale PH1 ; il a par ailleurs la même dimension, selon l'axe Z, que le port d'entrée PE. De façon similaire, la deuxième portion de court-circuit PCC2 est disposée du côté du port de sortie PS qui est opposé à la deuxième portion hélicoïdale PH2 ; il a par ailleurs la même dimension, selon l'axe Z, que le port de sortie PS.

[0028] Le premier réseau de plots conducteurs RP1 comprend une première portion droite PDR1, qui s'étend, à hauteur constante selon Z, depuis la première portion de court-circuit PCC1, jusqu'à la première portion hélicoïdale PH1. La longueur de la première portion droite PDR1, entre la première portion de court-circuit PCC1 et la première portion hélicoïdale PH1, est environ égale à la longueur d'onde de la structure de guidage. De la même manière, une deuxième portion droite PDR2 s'étend, à hauteur constante selon Z, depuis la deuxième portion de court-circuit PCC2, jusqu'à la première portion hélicoïdale PH1. La structure du deuxième réseau de

plots conducteurs PR2, disposé sur le deuxième support SM, est similaire à la structure du premier réseau de plots conducteurs PR1, à savoir : une troisième portion droite PDR3, une deuxième portion hélicoïdale PH2, et une quatrième portion droite PDR4. La longueur de la troisième portion droite PDR3 et la longueur de la quatrième portion droite PDR4 sont telles que, lors de la rotation correspondant à un déphasage maximal (par exemple $+180^\circ$, ou -180°), la troisième portion droite PDR3 et la quatrième portion droite PDR4 soient toujours disposés respectivement face à la première portion droite PDR1 et face à la deuxième portion droite PDR2. Ainsi, l'agencement de la première portion droite PDR1 et la quatrième portion droite PDR4 permet d'obtenir une section invariante de la structure de guidage au niveau du port d'entrée PE, et l'agencement de la deuxième portion droite PDR2 et de la troisième portion droite PDR3 permet d'obtenir une section invariante de la structure de guidage au niveau du port de sortie PS, ce qui améliore les performances radioélectriques du déphaseur.

[0029] Les figures 2A et 2B illustrent respectivement une vue en perspective, et une vue en section transverse, de la structure de guidage définie par le premier support SF, par le deuxième support SM, par le premier réseau de plots conducteurs RP1 et par le deuxième réseau de plots conducteurs RP2. Lors de la rotation du deuxième support SM dans le premier support SF, la longueur « L » varie, ainsi que le grand côté « a », conformément à la pente prédéterminée. D'après l'exemple des figures 1B et 1C, la rotation du deuxième support SM dans le sens antihoraire entraîne une augmentation du grand côté « a ». A l'inverse, la rotation du deuxième support SM dans le sens horaire entraîne une diminution du grand côté « a ». Il va de soi que le port d'entrée PE et le port de sortie PS peuvent être disposés autrement, à savoir un port de sortie PS disposé à une hauteur supérieure à celle du port d'entrée PE selon l'axe Z. De même, la pente reliant le port d'entrée PE au port de sortie PS peut « descendre » dans le sens antihoraire, comme illustré sur les figures 1B et 1C, ou, en alternative, « descendre » dans le sens horaire.

[0030] Comme l'illustre la figure 2B, le premier support SF et le deuxième support SM sont disposés en regard l'un de l'autre et laissent subsister un jeu entre l'extrémité de chaque plot et le support opposé qui lui fait face. Ainsi, il n'y a avantageusement aucun contact entre le premier support SF et le deuxième support SM. En section transverse, le premier réseau de plots conducteurs RP1 n'est pas disposé sur toute la largeur de la structure de guidage, et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2 n'est pas disposé sur toute la largeur de la structure de guidage. Ainsi, la structure de guidage est délimitée par la partie du premier support SF dépourvue de plots et ne disposant pas de plots qui lui font face, et par la partie du deuxième support SM dépourvue de plots et ne disposant pas de plots qui lui font face. La structure de guidage forme ainsi un guide d'ondes à plaques parallèles, dont les réseaux de plots conducteurs (RP1, RP2) per-

mettent de canaliser les ondes électromagnétiques en limitant les fuites.

[0031] La figure 3 illustre une variante du dispositif de déphasage selon l'invention. Le mode de réalisation illustré par la figure 3 correspond à la superposition de deux dispositifs de déphasage selon la figure 1A. Il permet ainsi, avec un dispositif de déphasage de diamètre constant, d'appliquer un déphasage ayant une valeur maximale deux fois plus élevée que pour le mode de réalisation précédemment décrit. En particulier, le mode de réalisation illustré par la figure 3 permet de réaliser un déphasage maximal de 180° sur un premier étage, puis un nouveau déphasage maximal de 180° sur un deuxième étage. Un déphasage maximal de 360° peut ainsi être obtenu. Un dispositif de déphasage illustré par la figure 1A permettrait également déphasage maximal de 360° , en doublant le diamètre du premier support SF et du deuxième support SM.

[0032] La rotation du deuxième support SM dans le premier support SF provoque un rapprochement ou un éloignement des portions hélicoïdales du premier réseau de plots conducteurs RP1 et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2. Le premier réseau de plots conducteurs RP1 et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2 sont couplés à une portion guidée à dimensions constantes TGE au niveau d'un premier accès AC1. Le signal déphasé à la moitié de la valeur souhaité est donc récupéré au niveau du premier accès AC1. La portion guidée à dimensions constantes TGE traverse diamétralement le deuxième support SM sur des plans distincts selon l'axe Z depuis le premier accès AC1 jusqu'à un deuxième accès AC2. La portion guidée à dimensions constantes TGE est représentée sur la figure 3 par un guide d'ondes en escalier, mais d'autres types de portions guidées peuvent être envisagés, par exemple un guide en pente. L'essentiel est que le déphasage du signal radiofréquence introduit dans la portion guidée à dimensions constantes TGE soit constant pour une fréquence donnée, quelle que soit la position relative entre le premier support SF et le deuxième support SM. Une portion de court-circuit, non représentée, permet de contraindre le signal radiofréquence à transiter dans la portion guidée à dimensions constantes TGE, après le passage par la partie de la structure de guidage délimitée par le premier réseau de plots conducteurs RP1 et par le deuxième réseau de plots conducteurs RP2. De même, une portion de court-circuit peut être disposée à proximité du deuxième accès AC2. Les portions de court-circuit peuvent être formées par des réseaux de plots conducteurs. La portion guidée à dimensions constantes TGE est couplée, au niveau du deuxième accès AC2, à un troisième réseau de plots conducteurs RP3, disposé sur le premier support SF, et à un quatrième réseau de plots conducteurs RP4, disposé sur le deuxième support SM. En extrémité, le troisième réseau de plots conducteurs RP3 et le quatrième réseau de plots conducteurs RP4 sont couplés au port de sortie PS. Lors de la rotation du deuxième support SM dans le premier support SF,

les portions hélicoïdales du deuxième réseau de plots conducteurs RP2 et du quatrième réseau de plots conducteurs RP4 se rapprochent ou s'éloignent respectivement des portions hélicoïdales du premier réseau de plots conducteurs RP1 et du troisième réseau de plots conducteurs RP3.

[0033] Le changement de plan selon l'axe Z, rendu possible par la portion guidée à dimensions constantes TGE, empêche ainsi toute interférence mécanique entre les différents réseaux de plots conducteurs, pour des déphasages supérieurs à 180°.

[0034] Un dispositif de déphasage sur deux plans peut notamment être implémenté lorsque $\Delta L/R > 180^\circ$, où ΔL représente la longueur électrique de la structure de guidage dans les parties hélicoïdales, et R représente le rayon du premier support SF et du deuxième support SM (qui sont sensiblement identiques, à la hauteur des plots conducteurs près).

[0035] Le premier support SF et du deuxième support SM peuvent être obtenus par assemblage mécanique. D'autres moyens tels que la fabrication additive ou l'électroformage peuvent également être envisagés.

[0036] Le dispositif de déphasage selon l'invention peut, en variante, être réalisé avec des supports plans. Il s'agit de la vue développée au périmètre du mode de réalisation cylindrique illustré par la figure 1A.

[0037] Le premier support SF" et le deuxième support SM" sont de forme plane et situés l'un au-dessus de l'autre avec une hauteur constante. La hauteur constante correspond à la hauteur des plots conducteurs, avec toutefois un jeu entre l'extrémité de chaque plot et le support opposé qui lui fait face, afin de permettre un mouvement relatif sans contact du deuxième support SM" par rapport au premier support SF" le long d'un axe de translation X. Le premier réseau de plots conducteurs RP1" est disposé sur le premier support SF", et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2" est disposé sur le deuxième support SM". Le premier réseau de plots conducteurs RP1" et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2" sont ainsi disposés entre deux plaques formées par le premier support SF" et le deuxième support SM". Le port d'entrée PE et le port de sortie PS sont disposés au niveau du premier support SF". En particulier, le port d'entrée PE et le port de sortie PS peuvent être matérialisés par des accès guidés. Une première portion de court-circuit PCC1" est disposée à proximité du port d'entrée PE, et une deuxième portion de court-circuit PCC2" est disposée à proximité du port de sortie PS. Le premier réseau de plots conducteurs RP1" comprend deux premières portions rectilignes PRE1, PRE2, parallèles à l'axe de translation X. Les deux premières portions rectilignes (PRE1, PRE2) sont reliées entre elles par leurs extrémités à une première portion inclinée PI1 selon un angle prédéterminé θ par rapport à l'axe de translation X. L'angle prédéterminé θ correspond à la pente prédéterminée dans le mode de réalisation cylindrique. L'angle prédéterminé θ fixe la variation du grand côté « a » en fonction de la longueur « L », de la même manière que

la raideur de la pente dans le mode de réalisation cylindrique. Le deuxième réseau de plots conducteurs RP2" comprend deux deuxième portions rectilignes (PRE3, PRE4) parallèles à l'axe de translation X. Les deux deuxième portions rectilignes (PRE3, PRE4) sont reliées entre elles par leurs extrémités à une deuxième portion inclinée PI2 selon l'angle prédéterminé (θ) par rapport à l'axe de translation X. Les portions inclinées (PI1, PI2) sont distantes des ports d'entrée et de sortie d'une distance supérieure à la longueur d'onde de la structure de guidage, de façon à éviter un phénomène de couplage du champ électromagnétique.

[0038] La première portion inclinée PI1 et la deuxième portion inclinée PI2 sont parallèles l'une à l'autre. Lorsque le deuxième support SM" se déplace par rapport au premier support SF" dans un mouvement de translation selon l'axe X, le grand côté « a » varie. Dans l'exemple de la figure 4, lorsque le deuxième support SM" se déplace « vers le haut », le grand côté « a » augmente, et lorsque le deuxième support SM" se déplace « vers le bas », le grand côté « a » diminue. Ainsi, la section transverse de la structure de guidage varie avec le mouvement de translation du deuxième support SM" par rapport au premier support SF".

[0039] La structure de guidage forme un guide d'ondes à plaques parallèles, dont les réseaux de plots conducteurs permettent de canaliser les ondes électromagnétiques en limitant les fuites.

[0040] La figure 5 illustre une mode de réalisation plan du dispositif de déphasage selon l'invention. Il permet notamment de doubler la valeur du déphasage maximal entre le port d'entrée PE et le port de sortie PS par rapport au mode de réalisation décrit précédemment, et illustré par la figure 4. Notamment, à dimension identique selon l'axe X, le mode de réalisation illustré par la figure 5 permet d'obtenir un déphasage maximal à 360°, alors que le mode de réalisation illustré par la figure 4 permet d'obtenir un déphasage maximal à 180°. Le premier réseau de plots conducteurs RP1" est disposé sur le premier support SF", et le deuxième réseau de plots conducteurs RP2" est disposé sur le deuxième support SM". Ils sont identiques à ceux décrits dans le mode de réalisation précédent, illustré par la figure 4. La distance séparant le premier support SF" et le deuxième support SM" correspond à la hauteur des plots conducteurs. Un premier accès AC1" est situé sur le deuxième support SM", à proximité de la quatrième portion rectiligne PRE4. Un troisième réseau de plots conducteurs RP3" et un quatrième réseau de plots conducteurs RP4" sont disposés symétriquement par rapport à un plan médian PM incluant l'axe de translation X. Le port d'entrée PE et le port de sortie PS sont disposés symétriquement de part et d'autre du plan médian PM. Une portion guidée à dimensions constantes TGE" est disposée sous le deuxième support SM", du côté opposé au premier support SF". Ainsi, la hauteur de la portion guidée à dimensions constantes TGE" n'entrave pas le déplacement sans contact du deuxième support SM" vis-à-vis du premier support

SF". La portion guidée à dimensions constantes TGE" peut prendre la forme d'un assemblage de deux guides d'ondes coudés. Les portions de court-circuit (PCC1", PCC2", PCC3", PCC4") sont disposées respectivement à proximité du port d'entrée PE, du port de sortie PS, du premier accès AC1" et du deuxième accès AC2", afin de canaliser les ondes électromagnétiques du signal radiofréquence.

[0041] Les figures 6A, 6B et 6C illustrent schématiquement la variation du grand côté « a » de la structure de guidage en fonction de la longueur guidée « L ». La longueur guidée « L » varie par translation du deuxième support SM" vis-à-vis du premier support SF".

[0042] Lorsqu'ils sont plans, le deuxième support SM" peut être placé sur un chariot mobile, en translation par rapport au premier support SF". Le dispositif de déphasage selon le mode de réalisation plan peut être fabriqué selon les techniques conventionnelles d'usinage.

[0043] Les figures 7A et 7B illustrent, respectivement en coupe transversale (plan XY) et en coupe longitudinale (plan XZ), du dispositif de déphasage selon l'invention, permettant un déphasage de 0° à 360°, selon un mode de réalisation cylindrique dans lequel le deuxième support SM' est en rotation autour du premier support SF'.

[0044] Le deuxième support SM' est mobile en rotation autour du premier support SF'. Le port d'entrée PE' et le port de sortie PS' sont disposés sur le premier support SF', et coaxiaux à l'axe Z, comme l'illustre plus spécifiquement la figure 7B. Le port d'entrée PE' est relié au premier réseau de plots conducteurs et au deuxième réseau de plots conducteurs par l'intermédiaire d'un premier guide coudé GC1. Le port de sortie PS' est relié au troisième réseau de plots conducteurs et au quatrième réseau de plots conducteurs par l'intermédiaire d'un deuxième guide coudé GC2. Le premier guide coudé GC1 et le deuxième guide coudé GC2 doivent être conçus de façon à éviter les réflexions du signal radiofréquence. Pour cela, le premier guide coudé GC1 peut avoir une inclinaison à 90° entre ses extrémités, et comprendre deux coudes à 45°, espacés de $\lambda/4$. Le deuxième guide coudé GC2 peut être conçu de façon similaire. La portion guidée à dimensions constantes TGE' est agencée sur au moins une partie du pourtour annulaire du deuxième support SM'. La portion guidée à dimensions constantes TGE' a ainsi une hauteur constante selon l'axe Z.

[0045] Une première portion de court-circuit PCC1' est disposée à proximité du port d'entrée PE', et configurée pour contraindre la propagation des signaux radiofréquence depuis le port d'entrée PE' vers la structure de guidage. De même, une deuxième portion de court-circuit PCC2' est disposée à proximité du port de sortie PS', et configurée pour contraindre la propagation des signaux radiofréquence depuis la structure de guidage vers le port de sortie PS'. Des portions de court-circuit (PCC3', PCC4') permettent de canaliser les ondes électromagnétiques du signal radiofréquence à proximité des

accès menant à la portion guidée à dimensions constantes TGE'. Les réseaux de plots conducteurs ne sont pas représentés pour des raisons de lisibilité des dessins. Ils sont également constitués de portions hélicoïdales, et peuvent également comprendre des portions droites, de part et d'autre de la portion hélicoïdale, afin de garantir une section invariante de la structure de guidage en cas de rotation du deuxième support SM'.

[0046] La rotation du deuxième support SM' crée un allongement ou un raccourcissement de la longueur « L » de la structure de guidage. La variation du grand côté « a » peut être obtenue par la forme hélicoïdale de la zone guidée entre le rotor et le stator. L'aménagement axial du port d'entrée PE' et du port de sortie PS' peut être imposé par des contraintes d'intégration et d'aménagement du dispositif de déphasage par rapport à d'autres composants.

[0047] Il est possible de doubler la valeur maximale de déphasage dans le mode de réalisation illustré par les figures 7A et 7B, en couplant le port de sortie PS' à un autre port d'entrée situé sur un plan inférieur selon l'axe Z.

[0048] En variante, le dispositif de déphasage selon l'invention, la variation du grand côté « a » peut être obtenue par un dispositif mécanique à pion. Les figures 8A et 8B représentent une vue en coupe dans le plan longitudinal du dispositif de déphasage, respectivement avant et après rotation du deuxième support SM". Le deuxième support SM" et le premier support SF" sont de forme cylindrique autour d'un même axe Z. Le deuxième support SM" est configuré pour être mobile en rotation dans le premier support SF". Un pion PO est disposé de façon fixe dans un évidement EV du deuxième support SM", dans l'axe de rotation Z du deuxième support SM".

[0049] L'évidement EV peut avoir une forme linéaire, et ainsi être incliné selon une pente prédéterminée, qui correspond à la pente et à l'angle décrits dans les modes de réalisation précédents.

[0050] En variante, l'évidement peut avoir une forme incurvée de sorte provoquer une variation non linéaire du grand côté « a » de la structure de guidage. Ainsi, une éventuelle non linéarité naturelle du dispositif de déphasage peut être compensée lors de la rotation du deuxième support SM". Un déphasage constant est garanti pour un pas de rotation donné (par exemple exactement dix pas de moteur pour déphaser de 5°, et exactement dix pas de moteur supplémentaires pour déphaser de 10°). Le travail de l'utilisateur est ainsi simplifié.

[0051] En particulier, le pion peut être constitué d'une bille, et l'évidement EV peut être par exemple un cylindre creux de hauteur égale au diamètre de la bille. La rotation du deuxième support SM" entraîne le déplacement du pion PO dans l'évidement EV, et, par le biais d'un mécanisme d'indexage du pion PO, un mouvement de translation du deuxième support SM" parallèlement à l'axe de rotation. Les réseaux de plots conducteurs délimitant la structure de guidage sont disposés de façon annulaire entre le premier support SF" et le deuxième support

SM^{'''}. L'espacement entre le premier réseau de plots conducteurs et le deuxième réseau de plots conducteurs (grand côté « a ») varie lors de la rotation du deuxième support SM^{'''}. Une portion guidée à dimensions constantes, de type guide à escalier, peut avantageusement être aménagée dans le deuxième support SM^{'''}, de façon à doubler la valeur de déphasage maximale.

[0052] Pour la réalisation du mouvement de rotation, un moteur ou motoréducteur de type pas à pas peut avantageusement positionner, selon un angle souhaité, le deuxième support dans le premier support, ou autour du premier support selon le mode de réalisation envisagé, avec une résolution suffisante permettant un réglage fin du déphasage du signal radio fréquence. Un dispositif d'asservissement pourrait avantageusement réaliser une boucle entre la phase souhaitée et la position relative du deuxième support vis à vis du premier support.

[0053] Pour des fréquences hautes, la masse du premier support et du deuxième support sont réduites, de sorte que l'utilisation de paliers à roulement n'est pas nécessaire dans le moteur. Ainsi, le dispositif de déphasage pourrait être intégré dans le moteur, qui pourrait permettre, par un propre dispositif de guidage interne, la rotation du deuxième support dans ou autour du premier support.

[0054] Le dispositif de déphasage précédemment décrit permet d'obtenir un déphasage quasi-constant au degré près sur toute une largeur de bande (typiquement 15%), ce qui confère un caractère large bande au dispositif de déphasage.

Revendications

1. Dispositif de déphasage d'un signal radiofréquence, comprenant un premier support (SF, SF', SF'', SF''') et un deuxième support (SM, SM', SM'', SM'''), le premier support (SF, SF', SF'', SF''') et le deuxième support (SM, SM', SM'', SM''') étant montés de manière à permettre un mouvement relatif, un port d'entrée (PE) et un port de sortie (PS) de signaux radiofréquence étant aménagés sur le premier support (SF, SF', SF'', SF'''), **caractérisé en ce que** le dispositif de déphasage comprend :

un premier réseau de plots conducteurs (RP1, RP1', RP1'') répartis sur le premier support (SF, SF', SF'', SF''') et s'étendant depuis le port d'entrée (PE),

un deuxième réseau de plots conducteurs (RP2, RP2', RP2'') répartis sur le deuxième support (SM, SM', SM'', SM'''),

le premier support (SF, SF', SF'', SF'''), le deuxième support (SM, SM', SM'', SM'''), le premier réseau de plots conducteurs (RP1, RP1', RP1'') et le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2, RP2', RP2'') étant agencés pour former une structure de guidage des signaux ra-

diofréquences de longueur variable et ayant une section transversale rectangulaire qui met en communication le port d'entrée (PE) et le port de sortie (PS), le premier réseau de plots conducteurs (RP1, RP1', RP1'') et le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2, RP2', RP2'') étant configurés pour que la section transversale et la longueur de la structure de guidage soit modifiées, sur au moins une partie du trajet de propagation des signaux radiofréquence dans la structure de guidage, lors du mouvement relatif entre le premier support (SF, SF', SF'', SF''') et le deuxième support (SM, SM', SM'', SM''').

2. Dispositif selon la revendication 1, le premier réseau de plots conducteurs (RP1, RP1', RP1'') et le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2, RP2', RP2'') étant couplés à une portion guidée à dimensions constantes (TGE, TGE', TGE'') au niveau d'un premier accès (AC1, AC1', AC1''), la portion guidée à dimensions constantes (TGE, TGE', TGE'') étant couplée, au niveau d'un deuxième accès (AC2, AC2', AC2''), à un troisième réseau de plots conducteurs (RP3, RP3', RP3'') et à un quatrième réseau de plots conducteurs (RP4, RP4', RP4''), le troisième réseau de plots conducteurs (RP3, RP3', RP3'') et le quatrième réseau de plots conducteurs (RP4, RP4', RP4'') étant respectivement disposés sur le premier support (SF, SF', SF'', SF''') et le deuxième support (SM, SM', SM'', SM'''), la structure de guidage étant également formée par le troisième réseau de plots conducteurs (RP3, RP3', RP3'') et par le quatrième réseau de plots conducteurs (RP4, RP4', RP4''), de façon à ce que la section transversale de la structure de guidage soit modifiée, au niveau du troisième réseau de plots conducteurs (RP3, RP3', RP3'') et du quatrième réseau de plots conducteurs (RP4, RP4', RP4''), lors du mouvement relatif entre le premier support (SF, SF', SF'', SF''') et le deuxième support (SM, SM', SM'', SM''').
3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, le deuxième support (SM, SM') et le premier support (SF, SF') étant de forme cylindrique autour d'un même axe Z, le premier réseau de plots conducteurs (RP1) comprenant une première portion hélicoïdale (PH1) d'axe Z, le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2) comprenant une deuxième portion hélicoïdale (PH2) d'axe Z, la première portion hélicoïdale (PH1) et la deuxième portion hélicoïdale (PH2) étant inclinées selon une même pente prédéterminée.
4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel le premier réseau de plots conducteurs (RP1) et le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2) comprennent

chacun deux portions droites (PDR1, PDR2, PDR3, PDR4), majoritairement incluses dans des plans orthogonaux à l'axe Z, et disposées respectivement de part et d'autre de la première portion hélicoïdale (PH1) et de la deuxième portion hélicoïdale (PH2).

5. Dispositif selon l'une des revendications 3 ou 4, le deuxième support (SM) étant configuré pour être mobile en rotation dans le premier support (SF) autour de l'axe Z,
la portion guidée à dimensions constantes (TGE) traversant diamétralement le deuxième support (SM) sur des plans distincts selon l'axe Z depuis le premier accès (AC1) jusqu'au deuxième accès (AC2).
6. Dispositif selon l'une des revendications 3 ou 4, le deuxième support (SM') étant configuré pour être mobile en rotation autour du premier support (SF'), le port d'entrée (PE') et le port de sortie (PS') étant coaxiaux à l'axe Z,
le port d'entrée (PE') étant relié au premier réseau de plots conducteurs (RP1) et au deuxième réseau de plots conducteurs (RP2) par l'intermédiaire d'un premier guide coudé (GC1),
le port de sortie (PS') étant relié au troisième réseau de plots conducteurs (RP3) et au quatrième réseau de plots conducteurs (RP4) par l'intermédiaire d'un deuxième guide coudé (GC2),
la portion guidée à dimensions constantes (TGE') étant agencée sur au moins une partie du pourtour annulaire du deuxième support (SM').
7. Dispositif selon l'une des revendications 3 à 6, le troisième réseau de plots conducteurs (RP3, RP3') comprenant une troisième portion hélicoïdale et à un quatrième réseau de plots conducteurs (RP4, RP4') comprenant une quatrième portion hélicoïdale, la troisième portion hélicoïdale et la quatrième portion hélicoïdale étant inclinées selon la pente prédéterminée et étant couplées en extrémité au port de sortie (PS).
8. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, le deuxième support (SM'') et le premier support (SF'') étant de forme cylindrique autour d'un même axe Z, le deuxième support (SM'') étant configuré pour être mobile en rotation dans le premier support (SF''), un pion (PO) étant disposé dans un évidement (EV) du deuxième support (SM''),
le pion (PO) et l'évidement (EV) étant configurés pour que la rotation du deuxième support (SM'') autour de l'axe Z provoque une translation du deuxième support (SM'').
9. Dispositif selon la revendication 8, l'évidement (EV) ayant une forme incurvée, la forme incurvée étant configurée pour compenser une non linéarité de la variation de phase lors de la rotation du deuxième

support (SM'') autour de l'axe Z.

10. Dispositif selon la revendication 2, le deuxième support (SM'') et le premier support (SF'') étant de forme plane et situés l'un au-dessus de l'autre avec une hauteur constante, le deuxième support (SM'') étant mobile par rapport au premier support (SF'') le long d'un axe de translation (X),
le premier réseau de plots conducteurs (RP1'') comprenant deux premières portions rectilignes (PRE1, PRE2) parallèles à l'axe de translation (X), les deux premières portions rectilignes (PRE1, PRE2) étant reliées entre elles par leurs extrémités à une première portion inclinée (PI1) selon un angle prédéterminé (θ) par rapport à l'axe de translation (X),
le deuxième réseau de plots conducteurs (RP2'') comprenant deux deuxième portions rectilignes (PRE3, PRE4) parallèles à l'axe de translation, les deux deuxième portions rectilignes (PRE3, PRE4) étant reliées entre elles par leurs extrémités à une deuxième portion inclinée (PI2) selon l'angle prédéterminé (θ) par rapport à l'axe de translation (X),
le troisième réseau de plots conducteurs (RP3'') et le quatrième réseau de plots conducteurs (RP4'') étant disposés symétriquement par rapport à un plan médian (PM) incluant l'axe de translation (X), le port d'entrée (PE'') et le port de sortie (PS'') étant disposés symétriquement de part et d'autre du plan médian (PM),
la portion guidée à dimensions constantes (TGE'') étant disposée sous le deuxième support (SM''), du côté opposé au premier support (SF'').
11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la structure de guidage est un guide d'ondes à plaques parallèles, formé par une partie du premier support (SF, SF', SF'', SF''') dépourvue de plots et ne disposant pas de plots qui lui font face, et par une partie du deuxième support (SM, SM', SM'', SM''') dépourvue de plots et ne disposant pas de plots qui lui font face.

[Fig. 1A]

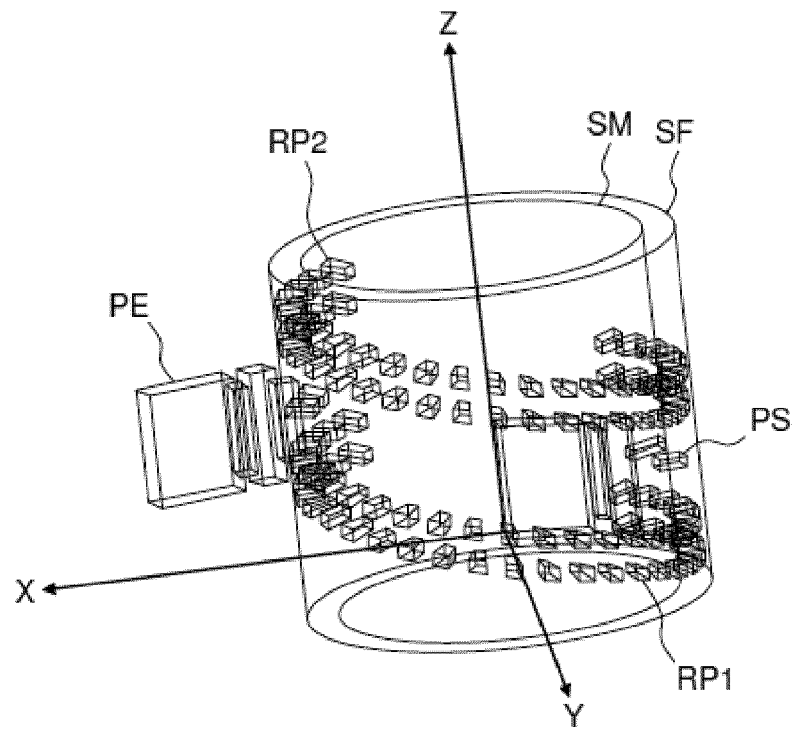


FIG.1A

[Fig. 1B]

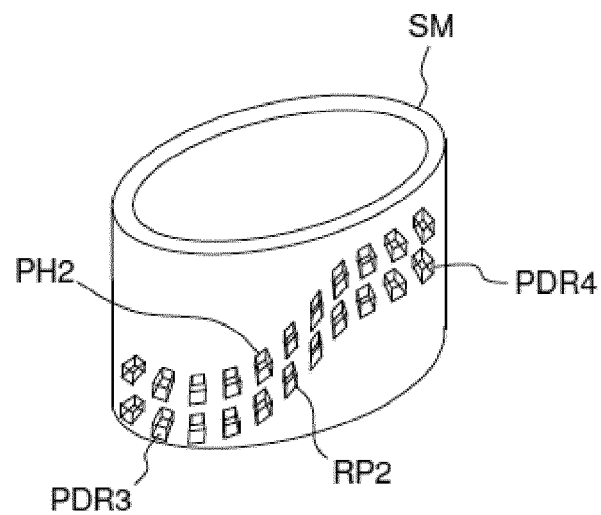


FIG.1B

[Fig. 1C]

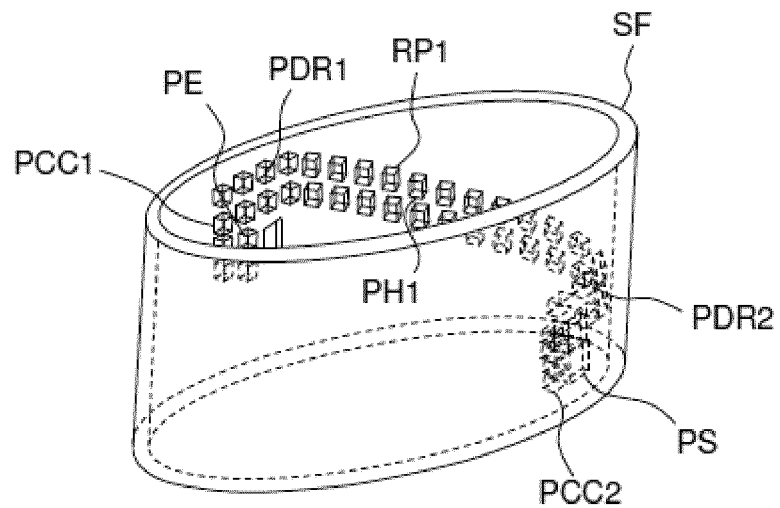


FIG. 1C

[Fig. 2A]

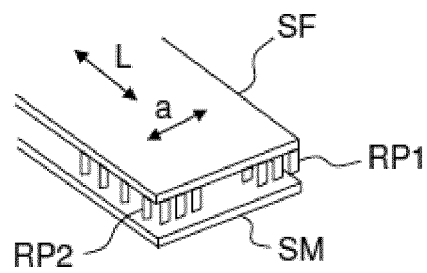


FIG. 2A

[Fig. 2B]

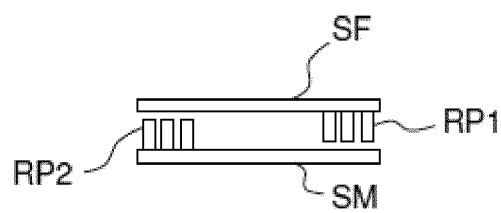


FIG. 2B

[Fig. 3]

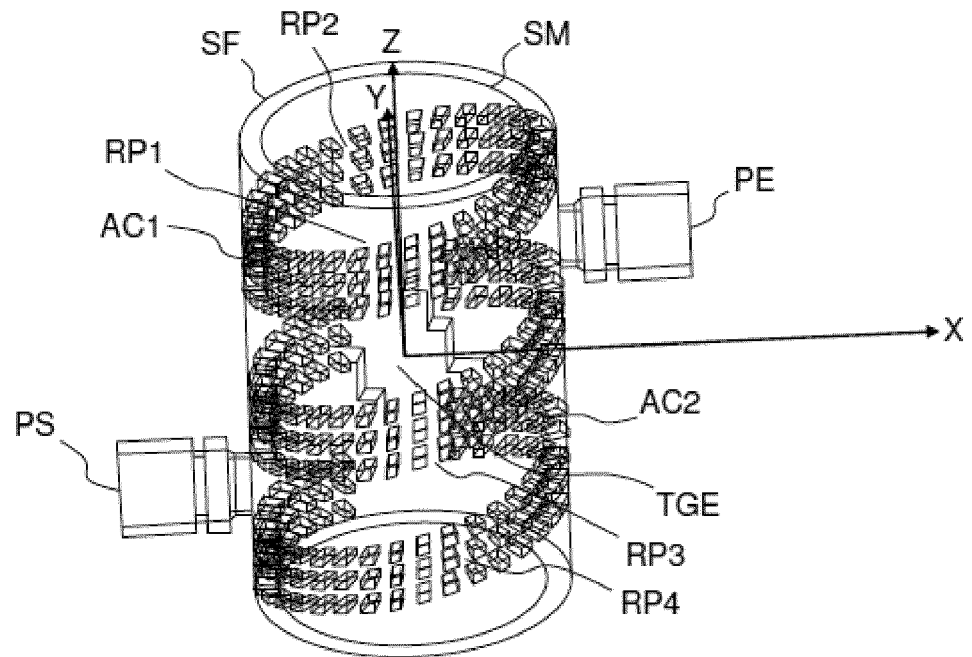


FIG. 3

[Fig. 4]

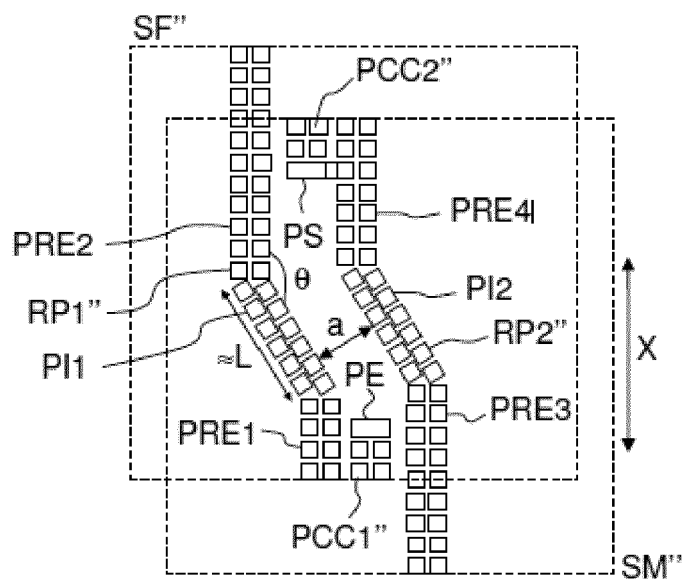


FIG. 4

[Fig. 5]

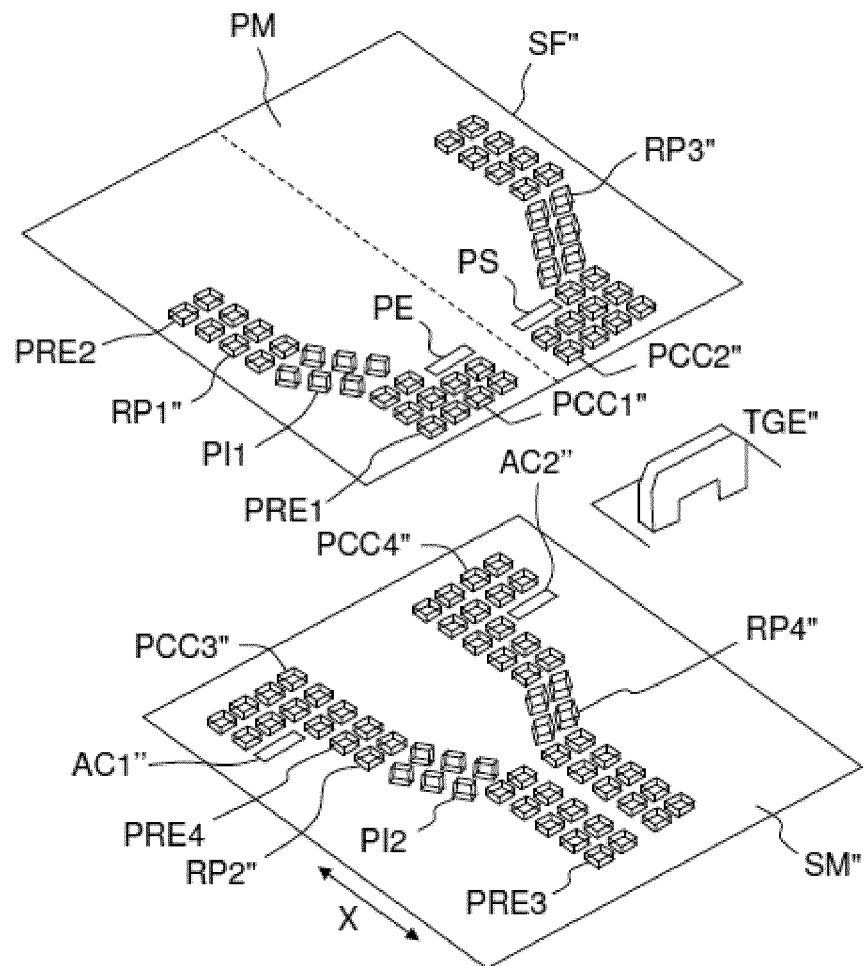


FIG.5

[Fig. 6A]

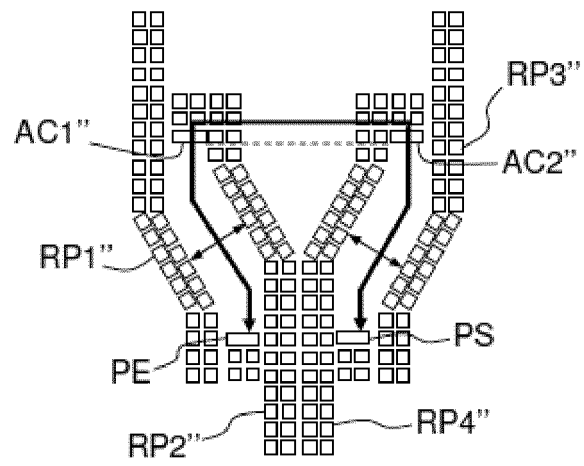


FIG. 6A

[Fig. 6B]

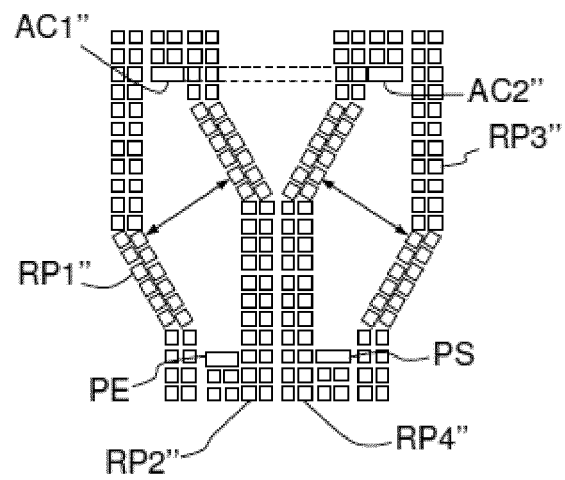


FIG. 6B

[Fig. 6C]

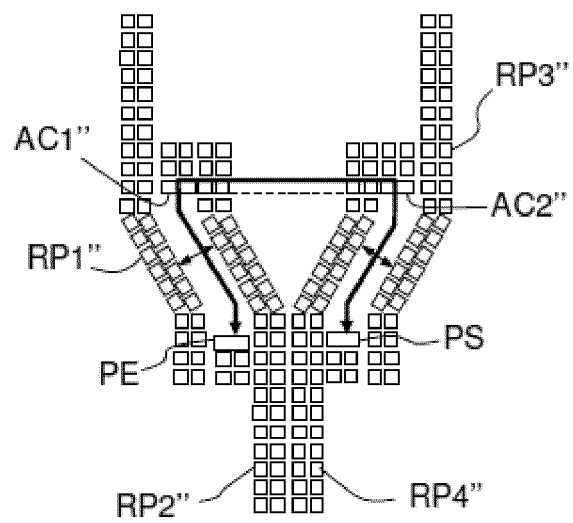


FIG. 6C

[Fig. 7A]

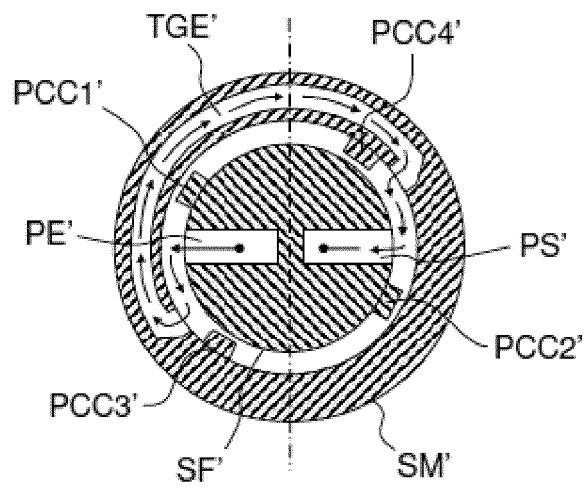


FIG. 7A

[Fig. 7B]

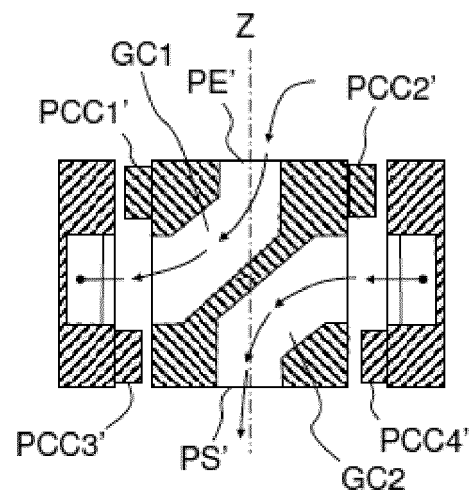


FIG. 7B

[Fig. 8A]

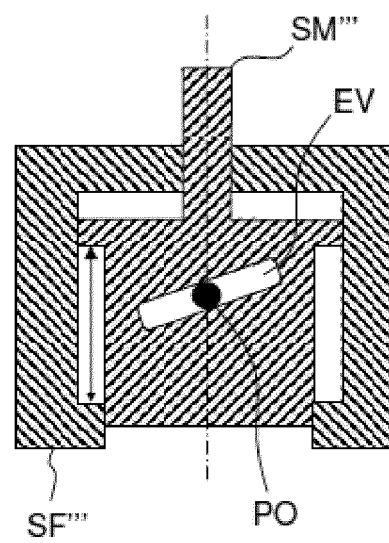


FIG. 8A

[Fig. 8B]

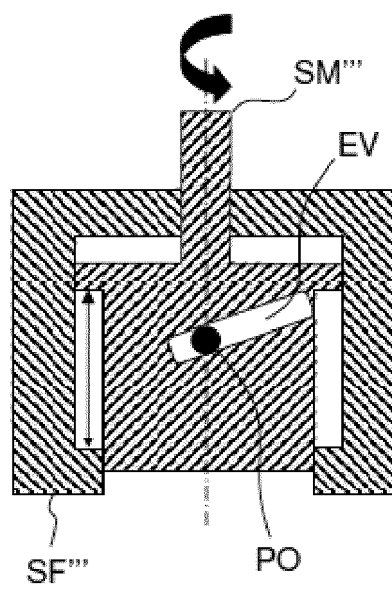


FIG.8B



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 21 4377

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2017/077576 A1 (KIRINO HIDEKI [JP]) 16 mars 2017 (2017-03-16)	1,11	INV. H01P1/18 H01P3/12 H01P3/123
A	* alinéa [0034] - alinéa [0039]; figures 1,2 * * alinéa [0041] - alinéa [0043]; figures 4,5 *	2-10	
X	----- KIRINO H ET AL: "Various applications of low-cost phased array antennas with mechanical phase shifters", 2014 IEEE-APS TOPICAL CONFERENCE ON ANTENNAS AND PROPAGATION IN WIRELESS COMMUNICATIONS (APWC), IEEE, 3 août 2014 (2014-08-03), pages 67-70, XP032646220, DOI: 10.1109/APWC.2014.6905523	1,11	
A	* page 67 - page 68, colonne de gauche; figures 1-3 *	2-10	
A	----- EP 2 343 774 A1 (PANASONIC CORP [JP]) 13 juillet 2011 (2011-07-13) * alinéa [0034] - alinéa [0044]; figures 4,5 * * alinéa [0082] - alinéa [0086]; figures 19,20 *	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	----- EP 3 147 994 A1 (GAPWAVES AB [SE]) 29 mars 2017 (2017-03-29) * alinéa [0089] - alinéa [0094]; figures 10,11 *	1-11	H01P
----- -/--			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 16 avril 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 4377

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	KIRINO H ET AL: "A VARIABLE PHASE SHIFTER USING A MOVABLE WAFFLE IRON METAL PLATE AND ITS APPLICATIONS TO PHASED ARRAY ANTENNAS", IEICE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, COMMUNICATIONS SOCIETY, TOKYO, JP, vol. E91B, no. 6, 1 juin 2008 (2008-06-01), pages 1773-1782, XP001513987, ISSN: 0916-8516, DOI: 10.1093/IETCOM/E91-B.6.1773 * 2. Principle of the phase shifter; page 1774 - page 1775; figures 1,2 * -----	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		16 avril 2020	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)

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

EP 19 21 4377

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.

16-04-2020

	Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
10	US 2017077576 A1	16-03-2017	CN	106463809 A	22-02-2017
15			DE	112015002148 T5	26-01-2017
			JP	6506265 B2	24-04-2019
			JP	WO2015170717 A1	20-04-2017
			US	2017077576 A1	16-03-2017
			WO	2015170717 A1	12-11-2015

20	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

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 2977381 [0006]
- US 20170077576 A1 [0007]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **ROMANO et al.** Low-loss Millimeter-wave Phase Shifters Based on Mechanical Reconfiguration. *PIERS Proceedings*, 06 Juillet 2015 [0005]