



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
02.01.2019 Bulletin 2019/01

(51) Int Cl.:
H01Q 1/12 (2006.01) **H01Q 3/08** (2006.01)
H01Q 3/26 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18180195.2**

(22) Date de dépôt: **27.06.2018**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **PRIVAT, Eric**
92622 GENNEVILLIERS CEDEX (FR)
• **TOURET, Marc**
92622 GENNEVILLIERS CEDEX (FR)
• **HAMMOUDI, Mehdi**
92622 GENNEVILLIERS CEDEX (FR)

(30) Priorité: **27.06.2017 FR 1700688**

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

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

(54) **PROCÉDÉ DE POINTAGE D'UNE ANTENNE ACTIVE, DISPOSITIF DE PILOTAGE ASSOCIÉ ET ANTENNE ACTIVE**

(57) Ce procédé de pointage d'une antenne active comprend une phase d'écartométrie (PE) comportant une étape de balayage (110) de différentes positions d'un gain optimal d'antenne et une étape de mesure (120) de la qualité de signaux reçus dans ces différentes positions.

L'étape de balayage (110) de différentes positions

du gain optimal d'antenne est mise en oeuvre par les moyens de pointage en pivotant mécaniquement la position du gain optimal d'antenne autour d'un axe mécanique principal avec une vitesse suivant une sinusoïde et en modifiant électroniquement la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre d'un plan de séparation perpendiculaire à l'axe mécanique principal.

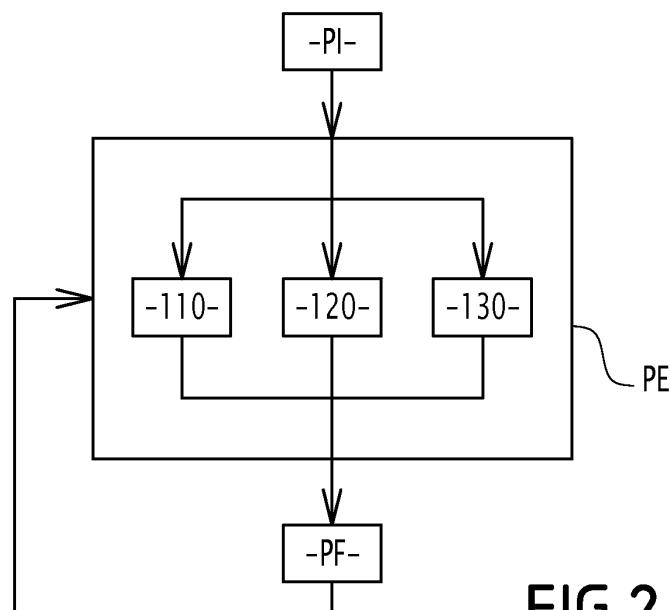


FIG.2

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de pointage d'une antenne active.

[0002] La présente invention concerne également un dispositif de pilotage associé et une antenne active.

[0003] L'invention est particulièrement utilisable dans le domaine de télécommunications nécessitant d'un pointage très précis des antennes. Dans certains cas, la précision du pointage doit éteindre quelques dixièmes de degrés. Ceci est particulièrement le cas des antennes montées sur les satellites ou sur tout autre engin mobile dans l'espace ou sur la surface terrestre, dans l'air ou dans ou sur l'eau.

[0004] On entend par antenne active, une antenne qui permet de mettre en oeuvre un pointage électronique sans que des mouvements physiques soient nécessaires. En particulier, une telle antenne comporte généralement une commande électronique lui permettant d'orienter son faisceau selon différentes directions.

[0005] Pour les antennes passives, c'est-à-dire pour les antennes dépourvues de dépointage électronique, on connaît déjà des méthodes permettant d'atteindre une précision de pointage particulièrement élevée.

[0006] Ainsi, par exemple, l'une de ces méthodes, connue dans l'état de la technique sous le terme « conscan » (de l'anglais « conical-scanning » ou balayage conique en français), propose de faire tourner de manière continue une antenne passive ayant une symétrie de révolution, selon les axes d'élévation et d'azimut de cette antenne, pour décrire un cône dans l'espace.

[0007] Une telle méthode est généralement mise en oeuvre par un dispositif d'écartométrie qui définit alors des lois de rotation continue de l'antenne autour de chacun des axes.

[0008] Le dispositif d'écartométrie permet en outre de mesurer le niveau des signaux reçus dans chaque position balayée par l'antenne et de recalculer ensuite l'antenne sur la direction vers laquelle ce niveau est maximal.

[0009] Toutefois, la méthode conscan se trouve inadaptée pour les antennes actives.

[0010] En particulier, pour mettre en oeuvre un balayage continu par un pointage électronique, il est nécessaire de choisir un pas de balayage relativement petit pour éviter des « marches » tout en disposant d'une période de commande électronique suffisamment rapide. On conçoit alors que cela n'est pas toujours possible.

[0011] De plus, une grande partie des antennes actives ne dispose pas de symétrie de révolution de sorte que la méthode conscan est inappropriée pour ce type d'antennes.

[0012] La présente invention a pour but de proposer un procédé de pointage mettant en oeuvre un pointage particulièrement précis d'une antenne active et ceci indépendamment de la forme de cette antenne.

[0013] À cet effet, l'invention a pour objet un procédé de pointage d'une antenne active, l'antenne comportant une pluralité de sources rayonnantes disposées sur une embase et définissant un gain optimal d'antenne, et des moyens de pointage aptes à modifier la position du gain optimal d'antenne mécaniquement en pivotant l'embase et électroniquement en commandant un déphasage des sources rayonnantes;

[0014] Le procédé comprend une phase d'écartométrie comportant une étape de balayage de différentes positions du gain optimal d'antenne et une étape de mesure de la qualité de signaux reçus dans ces différentes positions.

[0015] L'étape de balayage de différentes positions du gain optimal d'antenne est mise en oeuvre par les moyens de pointage en pivotant mécaniquement la position du gain optimal d'antenne autour d'un axe mécanique principal avec une vitesse suivant une sinusoïde et en modifiant électroniquement la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre d'un plan de séparation perpendiculaire à l'axe mécanique principal..

[0016] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé de pointage comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- les positions du gain optimal d'antenne balayées lors de la phase d'écartométrie forment deux bandeaux sensiblement parallèles entre eux et disposés de part et d'autre du plan de séparation et de préférence, s'étendant suivant la surface latérale d'un cylindre ;
- la modification électronique de la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre du plan de séparation comprend le basculement de la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre du plan de séparation ;
- la modification électronique de la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre du plan de séparation comprend la rotation de la position du gain optimal d'antenne autour d'un axe électronique compris dans le plan de séparation ;
- l'axe électronique est un axe d'azimut de l'antenne ou un axe d'élévation de l'antenne ;
- le procédé comprend une phase initiale comprenant le pointage de l'antenne suivant une direction de pointage initial en pivotant l'embase autour de l'axe mécanique principal et d'un axe mécanique secondaire perpendiculaire à l'axe mécanique principal ;
- la direction de pointage initial est comprise dans le plan de séparation, les positions du gain optimal d'antenne balayées lors de l'étape de balayage étant disposées autour de la direction de pointage initial ;
- la phase d'écartométrie comprend en outre une étape de détermination de l'erreur de positionnement de la direction de pointage initial, utilisant des mesures de la qualité acquises dans les différentes positions du gain optimal

d'antenne ;

ladite étape comprenant en outre la détermination d'une nouvelle direction de pointage minimisant l'erreur de positionnement de la direction de pointage initial ;

- l'erreur de positionnement comprend une première valeur d'écartement déterminée en fonction de la différence des moyennes ou des sommes des mesures de la qualité acquises dans les positions du gain optimal d'antenne situées d'un côté du plan de séparation et des mesures de la qualité acquises dans les positions du gain optimal d'antenne situées de l'autre côté du plan de séparation ;
- l'erreur de positionnement comprend une deuxième valeur d'écartement déterminée en fonction de la différence des moyennes des mesures de la qualité acquises dans les différentes positions du gain optimal d'antenne, pondérées de la valeur de la sinusoïde dans la position du gain optimal d'antenne correspondante ; et
- le procédé comprend une phase finale comprenant le pointage de l'antenne suivant la nouvelle direction de pointage.

[0017] L'invention a également pour objet un dispositif de pilotage d'une antenne active comportant des moyens configurés pour mettre en oeuvre le procédé tel que défini ci-dessus.

[0018] L'invention a également pour objet une antenne active comportant une pluralité de sources rayonnantes disposées sur une embase et définissant un gain optimal d'antenne, et des moyens de pointage aptes à modifier la position du gain optimal d'antenne mécaniquement en pivotant l'embase et électroniquement en commandant un déphasage des sources rayonnantes.

[0019] L'antenne comporte en outre un dispositif de pilotage tel que défini ci-dessus.

[0020] Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'une antenne active selon l'invention, l'antenne active comportant notamment un dispositif de pilotage selon l'invention ;
- la figure 2 est un organigramme d'un procédé de pointage selon l'invention, le procédé étant mis en oeuvre par le dispositif de pilotage de la figure 1 ; et
- la figure 3 est une illustration d'une étape du procédé de la figure 2.

[0021] L'antenne 10 de la figure 1 est une antenne active montée par exemple sur un satellite (non-illustré) ou sur tout autre engin mobile dans l'espace ou sur la surface terrestre, dans l'air ou dans ou sur l'eau. L'antenne 10 permet d'émettre des signaux radioélectriques vers un objet d'intérêt 11 et de recevoir des signaux radioélectriques issus de cet objet d'intérêt 11.

[0022] L'objet d'intérêt 11 présente par exemple une station terrestre lorsque l'antenne 10 est montée sur un satellite, ou un satellite lorsque l'antenne 10 est montée par exemple sur un engin mobile terrestre.

[0023] En référence à la figure 1, l'antenne 10 comporte un support 12 disposé de manière fixée sur un plan de support 13 et une partie mobile 14 montée de manière mobile sur le support 12.

[0024] Le plan de support 13 présente une partie au moins localement plate de la surface externe du satellite et comporte tous les moyens nécessaires pour raccorder mécaniquement et électroniquement l'antenne 10 et notamment le support 12 à l'engin mobile.

[0025] La partie mobile 14 comporte une embase 16 par exemple de forme parallélépipédique et un bras de support 18 raccordant l'embase 16 au support 12.

[0026] L'embase 16 présente une surface plate 20 définissant une normale N orientée vers l'objet d'intérêt 11 et comportant une pluralité de sources rayonnantes 22A à 22N disposées par exemple de manière homogène sur cette surface 20.

[0027] Chacune des sources rayonnantes 22A à 22N est connue en soi et permet notamment l'émission et la réception des signaux radioélectriques selon des méthodes connues en soi.

[0028] En outre, comme connu en soi, les sources rayonnantes 22A à 22N définissent un diagramme de rayonnement de l'antenne 10. Ce diagramme comporte notamment un sommet qui correspond à un lobe d'antenne.

[0029] En particulier, le lobe d'antenne correspond à la courbe de gain en fonction de l'angle par rapport à la normale N. Les signaux élémentaires émis par l'ensemble des sources rayonnantes 22A à 22N, forme ensuite un faisceau unique destiné à l'objet d'intérêt 11. Le gain maximal du faisceau correspond au gain optimal d'antenne qui a alors une position précise dans l'espace.

[0030] Inversement, à la réception d'un faisceau issu de l'objet d'intérêt 11, la position du gain optimal d'antenne correspond au point optimal de concentration de ce faisceau pour être reçu par les différentes sources rayonnantes 22A à 22N.

[0031] L'embase 16 est orientable mécaniquement par l'actionnement du bras de support 18 qui présente à cet effet

une structure adaptée.

[0032] En particulier, l'embase 16 est rotative autour d'un premier axe mécanique X parallèle au plan de support 13 et à la surface plate 20, et autour d'un deuxième axe mécanique Y perpendiculaire au plan de support 13.

[0033] La rotation de l'embase 16 autour du premier axe mécanique X fait varier un angle d'élévation de l'antenne 10. Ce premier axe mécanique X est connu sous le terme « axe d'élévation » de l'antenne 10.

[0034] Dans l'exemple décrit, par angle d'élévation, on comprend l'angle formé entre la normale N et le plan de support 13.

[0035] Le deuxième axe mécanique Y est connu sous le terme « axe d'azimut » de l'antenne 10 et permet notamment de définir un angle d'azimut de l'antenne 10.

[0036] Dans l'exemple décrit, par angle d'azimut, on comprend l'angle formé entre la projection orthogonale de la normale N sur le plan de support 13 et une demi-droite de référence comprise dans ce plan de support 13 et ayant pour origine le point d'intersection du deuxième axe mécanique Y avec le plan de support 13.

[0037] Le support 12 comprend une partie mécanique permettant notamment d'actionner le bras de support 14 et une partie électronique contrôlant le fonctionnement de la partie mécanique et de manière générale, de l'antenne 10.

[0038] En particulier, la partie mécanique comprend notamment un module de pointage mécanique 31.

[0039] Ce module de pointage mécanique 31 comprend deux moteurs électriques permettant d'actionner le bras de support 12 via des moyens de support prévus à cet effet, pour faire tourner l'embase 16 autour du premier axe mécanique X et autour du deuxième axe mécanique Y. Chacun de ces moteurs est configuré pour faire tourner l'embase 16 autour de l'un de ces axes indépendamment de l'autre moteur.

[0040] Le module de pointage mécanique 31 permet alors de modifier l'angle d'azimut et l'angle d'élévation de l'antenne 10 et de modifier ainsi mécaniquement la position du gain optimal d'antenne.

[0041] La partie électronique comprend notamment un module de pointage électronique 32 et un dispositif de pilotage 33 de l'antenne 10.

[0042] Le module de pointage électronique 32 se présente par exemple sous la forme d'une pluralité de déphaseurs contrôlés par un circuit programmable ou tout autre moyen de contrôle.

[0043] Chacun de ces déphaseurs est associé à l'une des sources rayonnantes 22A à 22N et permet de déphaser d'une valeur de déphasage donnée, chaque signal élémentaire destiné à l'émission par cette source.

[0044] Ainsi, en contrôlant le fonctionnement des déphaseurs de manière appropriée et selon des méthodes connues en soi, le module de pointage électronique 32 permet de modifier électroniquement la position du gain optimal d'antenne sans changer les angles d'azimut ou d'élévation, c'est-à-dire, sans changement mécanique de la position de l'embase 16.

[0045] Le module de pointage mécanique 31 et le module de pointage électronique 32 forment ainsi des moyens de pointage de l'antenne 10.

[0046] Le dispositif de pilotage 33 se présente par exemple sous la forme d'un circuit programmable et/ou d'un logiciel stocké dans une mémoire et exécutable par un processeur prévu à cet effet dans l'antenne 10.

[0047] Le dispositif de pilotage 33 permet de piloter le fonctionnement de l'antenne 10.

[0048] Le dispositif de pilotage 33 permet en outre de mettre en oeuvre un procédé de pointage de l'antenne 10 selon l'invention en pilotant le fonctionnement des modules de pointage mécanique 31 et de pointage électronique 32.

[0049] Ce procédé de pointage sera désormais expliqué en détail en référence à la figure 2 présentant un organigramme des étapes de ce procédé.

[0050] Ainsi, en référence à cette figure 2, le procédé de pointage comporte une phase initiale PI, une phase d'écartométrie PE et une phase finale PF.

[0051] Lors de la phase initiale PI, le dispositif de pilotage 33 pilote le fonctionnement du module de pointage mécanique 31 afin de disposer mécaniquement le gain optimal d'antenne suivant une direction de pointage initial.

[0052] La direction de pointage initial est obtenue par exemple à partir des données relatives à la position géographique de l'objet d'intérêt 11 à l'instant courant. Ces données sont par exemple issues d'une base de données relative à la trajectoire du satellite et/ou à la trajectoire de l'objet d'intérêt 11.

[0053] Ainsi, lors de cette phase initiale PI, le dispositif de pilotage 33 active le fonctionnement de l'un ou des deux moteurs du module de pointage mécanique 31 pour pivoter l'embase 20 autour d'un axe mécanique principal ou/et autour d'un axe mécanique secondaire pour atteindre la direction de pointage initial.

[0054] Dans l'exemple décrit ci-dessous, l'axe mécanique principal est le premier axe mécanique X et l'axe mécanique secondaire est le deuxième axe mécanique Y. Ainsi, les références « X » et « Y » seront utilisées par la suite également pour désigner respectivement l'axe mécanique principal et l'axe mécanique secondaire.

[0055] Selon une autre variante de réalisation (non-décrite), l'axe mécanique principal est le deuxième axe mécanique Y et l'axe mécanique secondaire est le premier axe mécanique X.

[0056] Puis, le dispositif de pilotage 33 passe à la phase d'écartométrie PE.

[0057] Cette phase PE est mise en oeuvre pour augmenter la précision du pointage obtenu lors de la phase initiale PI.

[0058] Pour ce faire, la phase d'écartométrie PE comporte une étape 110 de balayage de différentes positions du gain optimal d'antenne.

[0059] En particulier, lors de cette étape 110, le dispositif de pilotage 33 pilote le fonctionnement du module de pointage mécanique 31 pour pivoter l'embase 16 autour de l'axe mécanique principal X avec une vitesse suivant une sinusoïde.

[0060] Autrement dit, dans ce cas, la vitesse angulaire de rotation de la position du gain optimal autour de l'axe mécanique principal X suit une loi sinusoïdale.

[0061] En outre, lors de la même étape 110, le dispositif de pilotage 33 pilote le fonctionnement du module de pointage électronique 32 pour modifier électroniquement la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre d'un plan de séparation perpendiculaire à l'axe mécanique principal X.

[0062] Ce plan de séparation est défini de sorte qu'il comprenne la direction de pointage initiale ou la direction de pointage calculée précédemment par le dispositif de pilotage 33.

[0063] Cette modification électronique de la position du gain optimal d'antenne s'effectue par exemple par basculement d'une première position vers une deuxième position, les deux positions étant situées de part et d'autre du plan de séparation.

[0064] Selon une variante de réalisation, cette modification électronique de la position du gain optimal d'antenne s'effectue par rotation de la position du gain optimal d'antenne autour d'un axe électronique compris dans le plan de séparation et perpendiculaire à l'axe mécanique principal X.

[0065] Ainsi, lors de cette étape 110, les différentes positions balayées du gain d'antenne forment deux bandeaux disposés de part et d'autre du plan de séparation.

[0066] Ces bandeaux s'étendent suivant la surface latérale d'un cylindre de manière sensiblement parallèle entre eux.

[0067] Les bandeaux sont disposés par exemple de manière symétrique par rapport au plan de séparation et/ou de manière axisymétrique par rapport à la direction de pointage initial.

[0068] En projection sur un plan, ces bandeaux sont schématiquement représentés sur la figure 3 illustrant un exemple de la mise en oeuvre de l'étape 110.

[0069] Ainsi, selon cet exemple, lors de l'étape 110, 24 positions P_1 à P_{24} du gain optimal d'antenne ont été successivement balayées.

[0070] Ces positions forment donc deux bandeaux parallèles P_1P_{12} comprenant les positions P_1 à P_{12} et $P_{13}P_{24}$ comprenant les positions P_{13} à P_{24} .

[0071] Les bandeaux P_1P_{12} et $P_{13}P_{24}$ sont disposés de manière symétrique par rapport au plan de séparation P visible sur la figure 3 et de manière axisymétrique par rapport à la direction de pointage initial D qui est perpendiculaire au plan de la figure 3.

[0072] En particulier, sur la figure 3, la direction de pointage initial D est formée par l'intersection du plan de séparation P et d'un plan perpendiculaire à ce plan de séparation P et passant entre les positions P_6 et P_7 et les positions P_{19} et P_{18} .

[0073] Selon le même exemple, chaque passage successif de la position P_1 vers la position P_{12} est obtenu en faisant pivoter mécaniquement l'embase 20 autour l'axe mécanique principal X selon un sens, par exemple du haut vers le bas sur la figure 1.

[0074] Puis, le passage de la position P_{12} vers la position P_{13} est obtenu par un basculement électronique de la position du gain optimal d'antenne de la partie gauche de la figure 3 vers sa partie droite.

[0075] Finalement, chaque passage successif de la position P_{13} vers la position P_{24} est obtenu en faisant pivoter mécaniquement l'embase 20 autour l'axe mécanique principal X selon le sens opposé à celui mentionné précédemment (du bas vers le haut sur la figure 1).

[0076] En revenant à la figure 2, la phase d'écartométrie PE comprend en outre une étape 120 de mesure de la qualité des signaux reçus. Cette étape 120 est mise en oeuvre par le dispositif de pilotage 33 en parallèle avec l'étape 110.

[0077] En particulier, lors de cette étape 120, le dispositif de pilotage 33 mesure la qualité des signaux reçus dans chacune des positions du gain optimal d'antenne, balayées lors de l'étape 110.

[0078] La qualité des signaux reçus est par exemple mesurée par rapport aux bruits les accompagnant ou en utilisant toute autre méthode permettant de quantifier la qualité d'un signal radioélectrique.

[0079] Dans l'exemple de la figure 3, les mesures de qualité acquises dans les positions P_1 à P_{24} seront dénotées respectivement par Q_1 à Q_{24} .

[0080] La phase d'écartométrie PE comprend finalement une étape 130 de détermination de l'erreur de positionnement de la direction de pointage initial qui est mise en oeuvre par exemple en parallèle (moyenne glissante) avec les étapes 110 et 120.

[0081] En particulier, lors de cette étape 130, le dispositif de pilotage 33 détermine une première valeur d'écartement δ_1 et une deuxième valeur d'écartement δ_2 de la direction de pointage initial.

[0082] La première valeur d'écartement δ_1 est déterminée en fonction de la différence des moyennes ou des sommes des mesures acquises dans les positions du gain optimal d'antenne situées d'un côté du plan de séparation et des mesures acquises dans les positions du gain optimal d'antenne situées de l'autre côté du plan de séparation.

[0083] La deuxième valeur d'écartement δ_2 est déterminée en fonction de la différence des moyennes des mesures acquises dans les différentes positions du gain optimal d'antenne, pondérées de la valeur de la sinusoïde dans la position du gain optimal d'antenne correspondante.

[0084] Puis, en utilisant les valeurs d'écartement déterminées, le dispositif de pilotage 33 détermine une nouvelle direction de pointage permettant de minimiser l'erreur de positionnement de la direction de pointage initial.

[0085] Dans l'exemple de la figure 3, la première valeur d'écartement δ_1 est obtenue en utilisant l'expression suivante :

$$\delta_1 = \frac{Q_{right} - Q_{left}}{4A},$$

où

$$Q_{left} = \frac{\sum_{t=1}^{12} Q_t}{12},$$

$$Q_{right} = \frac{\sum_{t=13}^{24} Q_t}{12},$$

et A est l'amplitude de la figure d'écartométrie correspondant à la distance entre la position de l'un des bandeaux et la normale N.

[0086] Dans le même exemple, la deuxième valeur d'écartement δ_2 est obtenue en utilisant l'expression suivante :

$$\delta_2 = \frac{\frac{Q_{neg}}{\sinus_{neg}} - \frac{Q_{pos}}{\sinus_{pos}}}{4A},$$

où

$$\sinus_{pos} = \left(\sum_{t=1}^6 \sin(2\pi F_{scan}(t)) + \sum_{t=19}^{24} \sin(2\pi F_{scan}(t)) \right) / 12,$$

$$\sinus_{pos} = \left(\sum_{t=7}^{18} \sin(2\pi F_{scan}(t)) \right) / 12,$$

$$Q_{pos} = \left(\sum_{t=1}^6 \sin(2\pi F_{scan}(t)) Q_t + \sum_{t=19}^{24} \sin(2\pi F_{scan}(t)) Q_t \right) / 12,$$

$$\sinus_{pos} = \left(\sum_{t=7}^{18} \sin(2\pi F_{scan}(t)) Q_t \right) / 12,$$

et $F_{scan}(t)$ correspond au nombre de fois par seconde de balayage des positions P_1 à P_{24} .

[0087] Sur la figure 3, la première valeur d'écartement δ_1 correspond à l'écartement horizontal de la nouvelle direction de pointage par rapport à la direction de pointage initial D et la deuxième valeur d'écartement δ_2 correspond à l'écartement vertical de la nouvelle direction de pointage par rapport à la direction de pointage initial D

[0088] Puis, lors de la phase finale PF, le dispositif de pilotage 33 pilote le fonctionnement des modules de pointage mécanique 31 et/ou de pointage électronique 32 pour pointer l'antenne 10 selon la nouvelle direction de positionnement.

[0089] Selon une variante de réalisation, après cette phase, le dispositif de pilotage 33 met encore en oeuvre la phase d'écartométrie PE dans laquelle la direction de pointage initial correspond à la nouvelle direction de pointage obtenue. Les phases PE et PF sont ainsi répétées plusieurs fois.

[0090] Dans ce cas, le dispositif de pilotage 33 s'asservit sur chaque nouvelle direction de pointage obtenue lors de la phase d'écartométrie PE.

[0091] On conçoit alors que la présente invention présente un certain nombre d'avantages.

[0092] En particulier, le procédé de pointage selon l'invention permet de dépointer de manière particulièrement précise une antenne active et ceci même lorsque cette antenne ne dispose pas de symétrie de révolution. En effet, la mise en oeuvre de ce procédé est indépendante de la forme de l'antenne.

[0093] De plus, en ce qui concerne le balayage électronique, le procédé selon l'invention permet de le rendre particulièrement simple car seulement quelques basculements électroniques entre deux positions sont nécessaires. Ainsi, il n'y a pas besoin de commande particulièrement rapide ni de pas de balayage particulièrement petit ce qui simplifie considérablement les exigences demandées aux moyens électroniques mettant en oeuvre un tel balayage.

[0094] En ce qui concerne le balayage mécanique, seul un mouvement continu selon l'un des axes mécaniques est nécessaire. Ceci permet alors de diminuer l'usure mécanique due à l'application des commandes alternées selon chacun des axes, comme cela est proposé dans l'état de la technique.

Revendications

1. Procédé de pointage d'une antenne active (10), l'antenne (10) comportant une pluralité de sources rayonnantes (22A,...,22N) disposées sur une embase (16) et définissant un gain optimal d'antenne, et des moyens de pointage (31, 32) aptes à modifier la position du gain optimal d'antenne mécaniquement en pivotant l'embase (16) et électroniquement en commandant un déphasage des sources rayonnantes (22A,...,22N);
le procédé comprenant une phase d'écartométrie (PE) comportant une étape de balayage (110) de différentes positions du gain optimal d'antenne et une étape de mesure (120) de la qualité de signaux reçus dans ces différentes positions ;
le procédé étant **caractérisé en ce que** l'étape de balayage (110) de différentes positions du gain optimal d'antenne est mise en oeuvre par les moyens de pointage (31, 32) en pivotant mécaniquement la position du gain optimal d'antenne autour d'un axe mécanique principal (X) avec une vitesse suivant une sinusoïde et en modifiant électroniquement la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre d'un plan de séparation (P) perpendiculaire à l'axe mécanique principal (X).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les positions du gain optimal d'antenne balayées lors de la phase d'écartométrie (PE) forment deux bandeaux sensiblement parallèles entre eux et disposés de part et d'autre du plan de séparation (P) et de préférence, s'étendant suivant la surface latérale d'un cylindre.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la modification électronique de la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre du plan de séparation (P) comprend le basculement de la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre du plan de séparation (P).
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la modification électronique de la position du gain optimal d'antenne d'un côté vers l'autre du plan de séparation comprend la rotation de la position du gain optimal d'antenne autour d'un axe électronique compris dans le plan de séparation (P).
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel l'axe électronique est un axe d'azimut de l'antenne (10) ou un axe d'élévation de l'antenne (10).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre une phase initiale (PI) comprenant le pointage de l'antenne (10) suivant une direction de pointage initial (D) en pivotant l'embase (16) autour de l'axe mécanique principal (X) et d'un axe mécanique secondaire (Y) perpendiculaire à l'axe mécanique principal (X).
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la direction de pointage initial (D) est comprise dans le plan de séparation (P), les positions du gain optimal d'antenne balayées lors de l'étape de balayage (110) étant disposées autour de la direction de pointage initial (D).
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, dans lequel la phase d'écartométrie (PE) comprend en outre une étape de détermination (130) de l'erreur de positionnement de la direction de pointage initial (D), utilisant des mesures de la qualité acquises dans les différentes positions du gain optimal d'antenne ;
ladite étape (130) comprenant en outre la détermination d'une nouvelle direction de pointage minimisant l'erreur de

positionnement de la direction de pointage initial (D).

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel l'erreur de positionnement comprend une première valeur d'écartement (δ_1) déterminée en fonction de la différence des moyennes ou des sommes des mesures de la qualité acquises dans les positions du gain optimal d'antenne situées d'un côté du plan de séparation (P) et des mesures de la qualité acquises dans les positions du gain optimal d'antenne situées de l'autre côté du plan de séparation (P).
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel l'erreur de positionnement comprend une deuxième valeur d'écartement (δ_2) déterminée en fonction de la différence des moyennes des mesures de la qualité acquises dans les différentes positions du gain optimal d'antenne, pondérées de la valeur de la sinusoïde dans la position du gain optimal d'antenne correspondante.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, comprenant en outre une phase finale (PF) comprenant le pointage de l'antenne (10) suivant la nouvelle direction de pointage.
12. Dispositif de pilotage (33) d'une antenne active (10) comportant des moyens configurés pour mettre en oeuvre le procédé de pointage selon l'une quelconque des revendications précédentes.
13. Antenne active (10) comportant une pluralité de sources rayonnantes (22A,...,22N) disposées sur une embase (16) et définissant un gain optimal d'antenne, et des moyens de pointage (31, 32) aptes à modifier la position du gain optimal d'antenne mécaniquement en pivotant l'embase (16) et électroniquement en commandant un déphasage des sources rayonnantes (22A,...,22N) ;
l'antenne (10) étant **caractérisée en ce qu'**elle comporte en outre un dispositif de pilotage (33) selon la revendication 12.

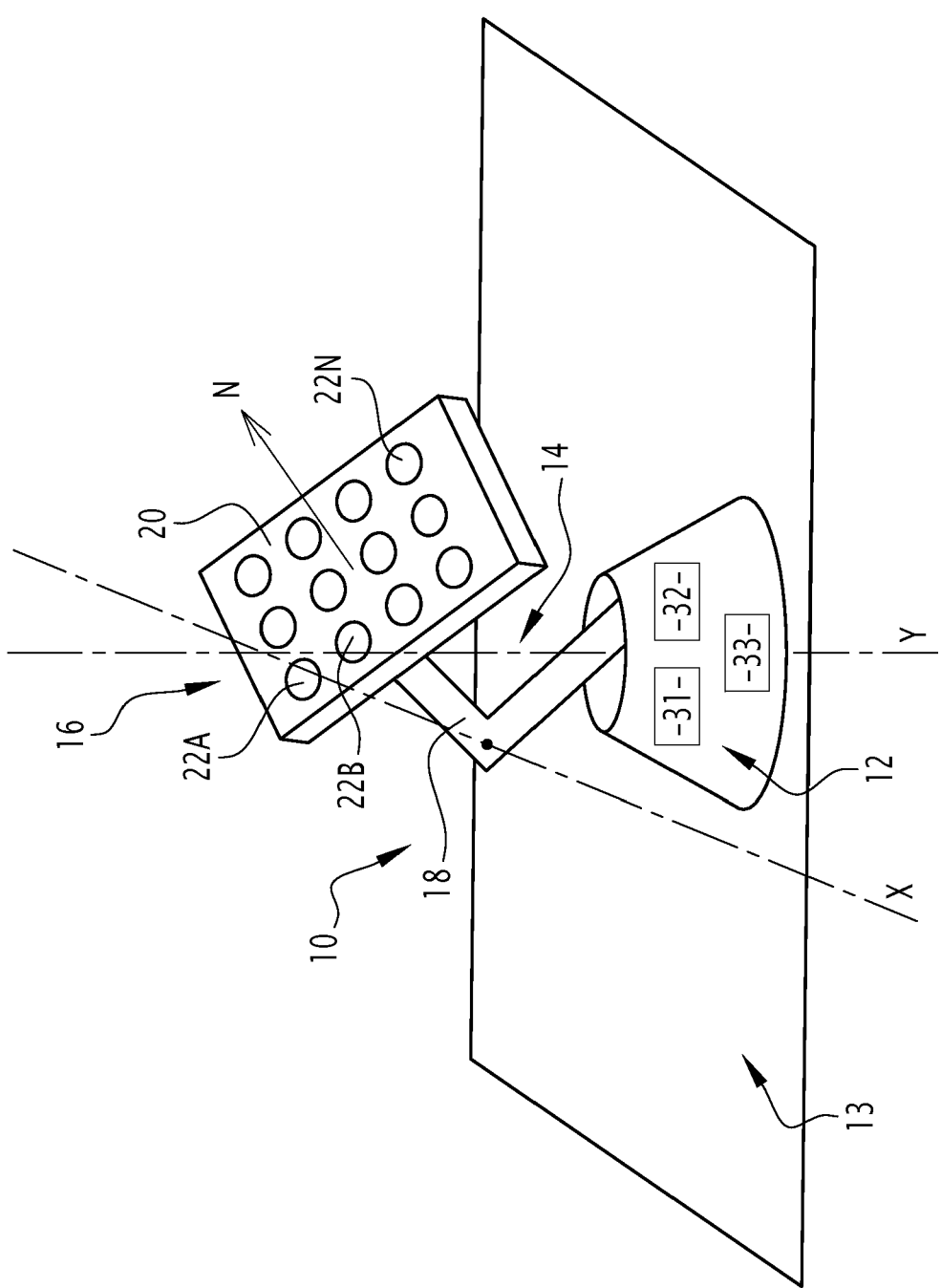


FIG.1

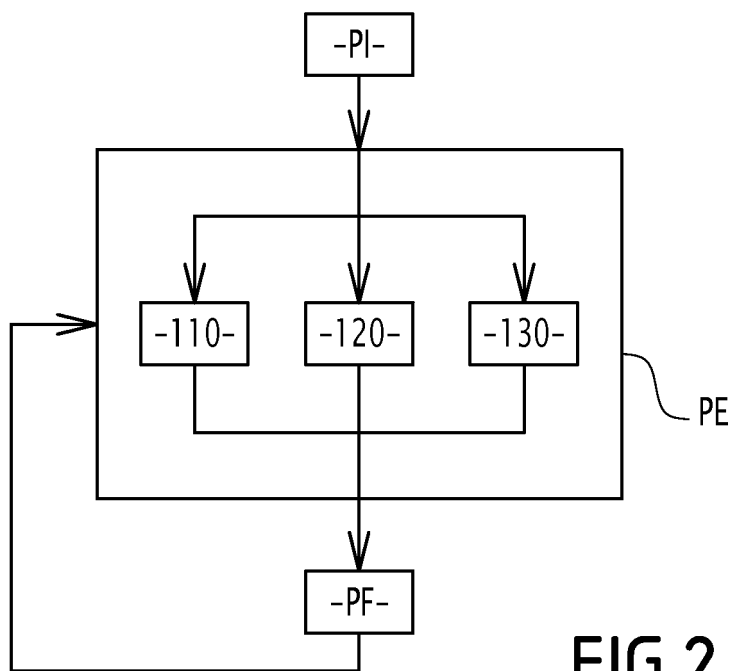


FIG. 2

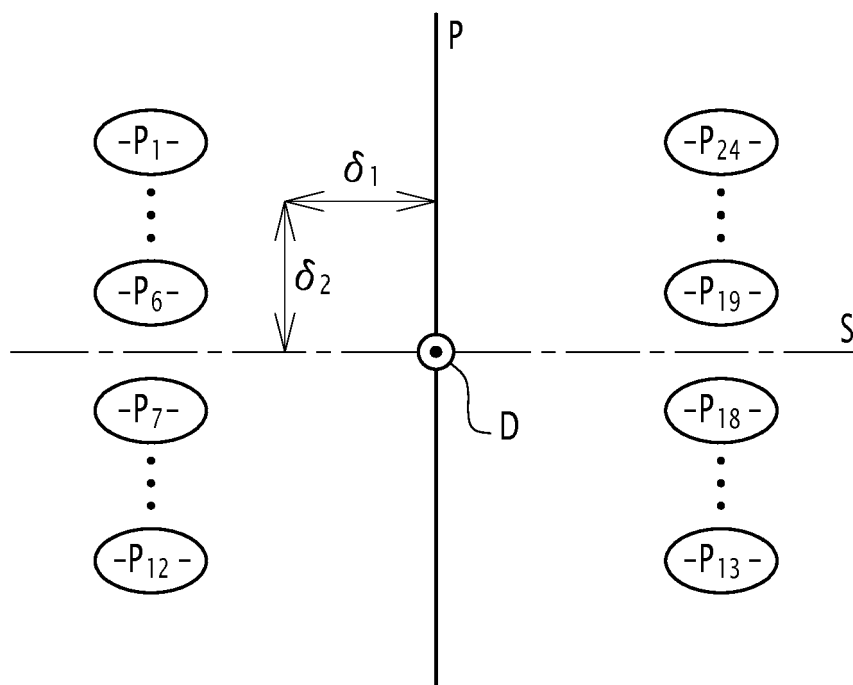


FIG. 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 18 0195

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 A	US 4 881 078 A (YAMANE TOSHINOBU [JP] ET AL) 14 novembre 1989 (1989-11-14) * figure all * * colonne 1, ligne 55 - colonne 3, ligne 2 * * * colonne 3, ligne 40 - colonne 6, ligne 3 *	1,3,6-8, 11-13 2,4,5,9, 10	INV. H01Q1/12 H01Q3/08 H01Q3/26
X A	US 6 400 315 B1 (ADLER CHARLES OTIS [US] ET AL) 4 juin 2002 (2002-06-04) * colonne 1, ligne 7 - ligne 15 * * colonne 2, ligne 1 - colonne 3, ligne 15 * * * figures 2,4 * * revendications 1-9 *	1,3,6-8, 11-13 2,4,5,9, 10	
A	US 2005/093743 A1 (PARK UNG-HEE [KR] ET AL) 5 mai 2005 (2005-05-05) * alinéa [0001] * * alinéa [0004] - alinéa [0005] * * alinéa [0018] * * alinéa [0020] * * alinéa [0028] - alinéa [0029] * * alinéa [0040] - alinéa [0043] * * alinéa [0045] *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01Q
A	WO 97/15092 A1 (NIELSEN PETER [DK]) 24 avril 1997 (1997-04-24) * revendication 1 * * figures 1-5 * * page 4, ligne 8 - ligne 23 * * page 4, ligne 35 - page 6, ligne 4 * * page 9, ligne 4 - page 11, ligne 11 * * page 14, ligne 11 - ligne 21 * * page 16, ligne 10 - ligne 24 * * page 17, ligne 29 - page 18, ligne 31 *	1-13	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 18 septembre 2018	Examineur Wattiaux, Véronique
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 18 18 0195

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.

18-09-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4881078 A	14-11-1989	AU 599293 B2 CA 1298402 C US 4881078 A	12-07-1990 31-03-1992 14-11-1989
US 6400315 B1	04-06-2002	AUCUN	
US 2005093743 A1	05-05-2005	JP 4793899 B2 JP 2005136936 A KR 20050041243 A US 2005093743 A1	12-10-2011 26-05-2005 04-05-2005 05-05-2005
WO 9715092 A1	24-04-1997	AT 198682 T AU 703226 B2 DE 69611533 D1 DE 69611533 T2 EP 0855092 A1 US 6281839 B1 WO 9715092 A1	15-01-2001 18-03-1999 15-02-2001 07-06-2001 29-07-1998 28-08-2001 24-04-1997

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