

(19)



(11)

**EP 3 675 278 A1**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
**01.07.2020 Bulletin 2020/27**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 1/28** (2006.01) **H01Q 3/08** (2006.01)  
**H01Q 3/18** (2006.01) **H01Q 19/12** (2006.01)  
**H01Q 25/00** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19219746.5**

(22) Date de dépôt: **27.12.2019**

(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**

(72) Inventeurs:  
• **BROSSIER, Jérôme**  
**31037 TOULOUSE Cedex 1 (FR)**  
• **MARTIN, Laurent**  
**31037 TOULOUSE Cedex 1 (FR)**  
• **BASSALER, Jean-Marc**  
**31037 TOULOUSE Cedex 1 (FR)**

(30) Priorité: **28.12.2018 FR 1874290**

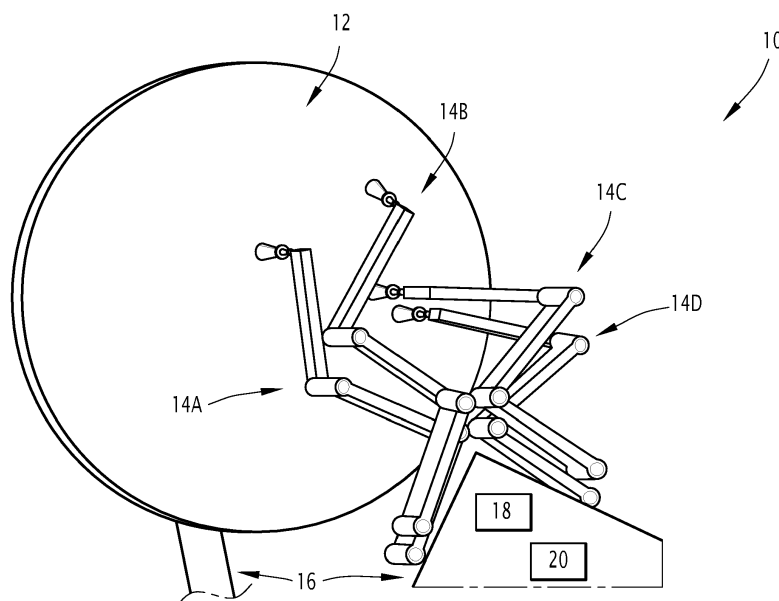
(74) Mandataire: **Lavoix**  
**2, place d'Estienne d'Orves**  
**75441 Paris Cedex 09 (FR)**

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

### (54) ANTENNE MULTIFAISCEAUX À POINTAGE RÉGLABLE

(57) La présente invention concerne une antenne multifaisceaux (10) à pointage réglable comprenant un dispositif de réflexion (12) unique et une pluralité de sources rayonnantes disposées en regard du dispositif de réflexion (12) et aptes à émettre et/ou à recevoir des signaux radioélectriques, le dispositif de réflexion (12) définissant un centre, un plan focal et un foyer se trouvant dans ce plan focal.

L'antenne (10) est caractérisée en ce qu'au moins l'une des sources rayonnantes, dite source mobile, est mobile sensiblement indépendamment de la ou de chaque autre source rayonnante dans une surface de balayage pour régler le pointage de l'antenne (10), la surface de balayage coïncidant avec le plan focal ou étant tangente à celui-ci au foyer.



**FIG.1**

**EP 3 675 278 A1**

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une antenne multifaisceaux à pointage réglable.

**[0002]** L'invention s'applique particulièrement pour les antennes à réflecteur dans le domaine spatial et notamment, aux missions satellitaires nécessitant du repointage indépendant de faisceaux radioélectriques. On citera en particulier les antennes dites « gateway » sur les satellites géostationnaires.

**[0003]** Ces antennes visent généralement plusieurs points sur la surface terrestre dont les positions peuvent évoluer au cours de la mission du satellite indépendamment l'une de l'autre. Dans ce cas, il est nécessaire de repointer, c'est-à-dire de réorienter, le faisceau de l'antenne correspondant au point dont la position a évolué. Il peut s'agir également d'une nouvelle position du satellite qui dans ce cas nécessite un repointage des points visés sur terre.

**[0004]** Pour ce faire, il est connu dans l'état de la technique d'utiliser différentes méthodes de repointage choisies en fonction du type de l'antenne utilisée.

**[0005]** En particulier, pour repointer une antenne passive à réflecteur, il est possible soit de faire bouger entièrement le corps de l'antenne soit de ne faire bouger que le ou les réflecteurs dans la limite de l'évolution des performances des signaux radioélectriques. Dans les deux cas, la réorientation s'effectue donc de manière mécanique.

**[0006]** Il est clair ainsi que pour pouvoir effectuer une réorientation mécanique pour chaque point visé indépendamment des autres points, il est nécessaire de prévoir une source rayonnante et un ou des réflecteurs pour chaque point visé.

**[0007]** On conçoit alors que cela engendre l'encombrement important sur la surface extérieure du satellite et augmente considérablement sa masse.

**[0008]** Dans le cas des antennes actives, un repointage peut être obtenu plus facilement.

**[0009]** En effet, à la différence des antennes passives, les sources rayonnantes des antennes actives forment un réseau et sont associées à un système de répartition des signaux radioélectriques en amplitude et/ou en phase entre ces sources et à un système de pilotage de cette répartition en fonction des lois prédéterminées.

**[0010]** Les antennes actives permettent ainsi d'effectuer un repointage dit « électronique », c'est-à-dire sans action mécanique exercée sur l'antenne.

**[0011]** Les antennes actives donnent donc une grande flexibilité de réorientation des faisceaux associés à des différents points visés. Cette flexibilité implique en contrepartie une forte complexité de ces antennes, une augmentation de la masse, de la consommation et de la dissipation, lesquelles sont critiques sur des satellites.

**[0012]** La présente invention a pour but de proposer une antenne multifaisceaux permettant de repointer ses faisceaux de manière indépendante tout en étant peu encombrante, relativement légère et de structure simple.

**[0013]** À cet effet, l'invention a pour objet une antenne multifaisceaux à pointage réglable comprenant un dispositif de réflexion unique et une pluralité de sources rayonnantes disposées en regard du dispositif de réflexion et aptes à émettre et/ou à recevoir des signaux radioélectriques, le dispositif de réflexion définissant un centre, un plan focal et un foyer se trouvant dans ce plan focal ;

l'antenne étant caractérisée en ce qu'au moins l'une des sources rayonnantes, dite source mobile, est mobile sensiblement indépendamment de la ou de chaque autre source rayonnante dans une surface de balayage pour régler le pointage de l'antenne, la surface de balayage coïncidant avec le plan focal ou étant tangente à celui-ci au foyer.

**[0014]** Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, l'antenne comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la source mobile est mobile dans la surface de balayage selon au moins deux degrés de liberté ;
- chacun des deux degrés de liberté comprend la rotation autour d'un axe, l'un des axes étant dit axe primaire de rotation et l'autre, axe secondaire de rotation ;
- l'axe primaire de rotation et l'axe secondaire de rotation sont perpendiculaires au plan focal, la surface de balayage coïncidant alors avec le plan focal ; ou
- l'axe primaire de rotation est perpendiculaire au plan focal et passe par le foyer du dispositif de réflexion, et l'axe secondaire de rotation est incliné par rapport à ce plan focal de sorte qu'en toute position, la source mobile est orientée vers le centre du dispositif de réflexion, la surface de balayage étant alors tangente au plan focal au foyer ; ou
- l'axe primaire de rotation est situé hors du foyer, et l'axe primaire de rotation et l'axe secondaire de rotation sont inclinés par rapport au plan focal de sorte qu'en toute position, la source mobile est orientée vers le centre du dispositif de réflexion, la surface de balayage étant alors tangente au plan focal au foyer ;
- l'axe primaire de rotation est fixe en translation ;
- l'antenne comporte plusieurs sources mobiles analogues à ladite source mobile ;
- les axes primaires de rotation des sources mobiles sont disposés symétriquement autour du foyer ;
- l'antenne comprend en outre pour le ou chaque source mobile, un support fixé sur une embase et comprenant un avant-bras rotatif autour de l'axe primaire de rotation de la source mobile correspondante et un bras rotatif autour de l'axe secondaire de rotation de la source mobile correspondante et définissant une extrémité de fixation de cette source mobile ;
- le ou chaque support comprend en outre au moins un moteur pas à pas apte à entraîner en rotation l'avant-bras ou le bras de ce support autour de l'axe

- correspondant ;
- le ou chaque support comprend en outre au moins un joint tournant raccordant l'avant-bras à l'embase ou le bras à l'avant-bras de ce support, le joint tournant étant apte à transmettre des signaux radioélectriques et/ou du courant électrique entre ces éléments ;
- le ou chaque joint tournant comprend au moins un canal de transmission des signaux radioélectriques, le canal de transmission étant délimité par une pluralité de plots espacés entre eux ;
- le bras du ou de chaque support est rotatif dans une surface de rotation, dite surface de rotation supérieure, et au moins une partie de l'avant-bras de ce support est rotatif dans un plan de rotation, dit plan de rotation inférieur, ce plan de rotation inférieur étant parallèle au plan focal et cette surface de rotation supérieure étant comprise entre le plan focal et ce plan de rotation inférieur ;
- lorsqu'elle comprend plusieurs sources mobiles, les plans de rotation inférieurs des avant-bras d'au moins deux supports coïncident entre eux ;
- elle comprend plusieurs sources mobiles, la surface de rotation supérieure et le plan de rotation inférieur du bras et de l'avant-bras d'au moins un support sont compris entre la surface de balayage et la surface de rotation supérieure et le plan de rotation inférieur du bras et de l'avant-bras d'au moins un autre support ;
- lorsqu'elle comprend plusieurs sources mobiles, la surface de rotation supérieure du bras d'au moins un support est comprise dans le plan de rotation inférieur de l'avant-bras d'au moins un autre support ; et
- le dispositif de réflexion est mobile.

**[0015]** 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 :

[Fig. 1] la figure 1 est une vue schématique en perspective d'une antenne multifaisceaux selon un premier mode de réalisation de l'invention, l'antenne comprenant notamment une pluralité d'assemblages mobiles ;

[Fig. 2] la figure 2 est une vue schématique en perspective de l'un des assemblages mobiles de la figure 1 selon un premier exemple de réalisation de celui-ci ;

[Fig. 3] la figure 3 est une vue schématique de côté de l'assemblage mobile de la figure 2 dans une position différente de celle de la figure 2 ;

[Fig. 4] la figure 4 est une vue schématique de côté de différentes positions de l'un des assemblages mobiles de la figure 1 selon un deuxième exemple de réalisation de celui-ci ;

[Fig. 5] la figure 5 est une vue schématique d'une

variante de réalisation de l'un des assemblages mobiles de la figure 1 selon le deuxième exemple de réalisation ;

[Fig. 6] [Fig. 7] les figures 6 et 7 sont des vues schématiques d'autres variantes de réalisation de l'un des assemblages mobiles de la figure 1 selon le deuxième exemple de réalisation ;

[Fig. 8] [Fig. 9] les figures 8 et 9 sont des vues schématiques en perspective de différentes positions respectives des assemblages mobiles de la figure 1 ; et

[Fig. 10] la figure 10 est une vue schématique en perspective d'une pluralité d'assemblages mobiles selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

**[0016]** L'antenne 10 de la figure 1 est une antenne multifaisceaux à pointage réglable.

**[0017]** Selon un exemple de réalisation de l'invention, cette antenne 10 est embarquée sur un satellite et plus particulièrement, est montée sur une surface extérieure de celui-ci orientée par exemple vers la Terre.

**[0018]** Le satellite est par exemple un satellite géostationnaire effectuant une mission de télécommunication et nécessitant des antennes dites « gateway ». De manière connue en soi, une telle mission doit permettre à l'antenne 10 du satellite d'échanger des signaux radioélectriques avec plusieurs antennes disposées au sol.

**[0019]** Les positions ainsi que le nombre de ces antennes au sol sont susceptibles d'évoluer dans le temps, tout au long de la mission du satellite.

**[0020]** L'antenne 10 permet de repointer ses faisceaux indépendamment l'un de l'autre pour suivre ces évolutions au sol, comme cela sera expliqué par la suite.

**[0021]** En référence à la figure 1, l'antenne 10 comprend un dispositif de réflexion unique 12, une pluralité d'assemblages mobiles 14A à 14D, une embase 16, un module de traitement 18 et un module de pilotage 20.

**[0022]** Le dispositif de réflexion 12 présente un réflecteur de toute forme connue ou plusieurs réflecteurs, de préférence deux, également de formes connues.

**[0023]** Ainsi, selon un exemple de réalisation, le dispositif de réflexion 12 présente un seul réflecteur de type centré ou simple offset.

**[0024]** Selon un autre exemple de réalisation, le dispositif de réflexion 12 présente deux réflecteurs et est par exemple de type SFOCA (de l'anglais « Side Fed Offset Cassegrain Antenna »), grégorien, Cassegrain, splash plate, etc.

**[0025]** Également de manière connue en soi, le dispositif de réflexion 12 définit par sa géométrie un centre sur sa surface et un foyer situé à l'extérieur de cette surface. Ce dispositif de réflexion 12 définit en outre un plan focal correspondant au plan contenant le foyer et perpendiculaire à la droite raccordant le foyer et le centre.

**[0026]** Les assemblages mobiles 14A à 14D sont par exemple au nombre de quatre et permettent d'envoyer et/ou de recevoir des faisceaux de signaux radioélectriques.

ques issus de différents points visés au sol ou destinés à ces points.

[0027] En cas de changement des positions de ces points et/ou de leur nombre, des modifications des positions des assemblages mobiles 14A à 14D permettent de réorienter l'antenne 10, comme cela sera expliqué en détail par la suite.

[0028] L'embase 16 permet de fixer le dispositif de réflexion 12 et les assemblages mobiles 14A à 14D à la structure du satellite et se présente ainsi sous toute forme convenable pour le faire.

[0029] Ainsi, dans l'exemple illustré sur la figure 1, l'embase 16 se présente sous la forme d'une pluralité de pattes de fixation, chaque patte étant adaptée pour fixer l'un des assemblages mobiles 14A à 14D ou le dispositif de réflexion 12 à la structure du satellite.

[0030] Ces pattes de fixation sont donc agencées en fonction de la structure correspondante du satellite. Sur la figure 1, la structure comprend deux surfaces perpendiculaires de sorte qu'au moins certaines des pattes de fixation sont fixées sur l'une de ces surfaces et certaines autres sur l'autre surface.

[0031] Par ailleurs, les pattes de fixation des assemblages mobiles 14A à 14D comprennent des moyens de transmission nécessaires afin de transmettre des signaux radioélectriques et du courant électrique entre ces assemblages 14A à 14D et le module de traitement 18 et le module de pilotage 20.

[0032] Le module de traitement 18 permet d'acquérir des signaux radioélectriques reçus par les assemblages mobiles 14A à 14D et/ou de générer des signaux radioélectriques destinés pour être émis par ces assemblages.

[0033] À cet effet, le module de traitement 18 comprend des composantes électroniques telles que des amplificateurs, un répartiteur, etc. Ces composantes sont connues en soi et ne seront pas décrites en détail.

[0034] Le module de pilotage 20 permet de modifier les positions des assemblages mobiles afin de réorienter les faisceaux l'antenne 10 en fonction des points visés. Pour ce faire, le module de pilotage 20 est apte à contrôler la position de chacun des assemblages mobiles 14A à 14D et à la modifier indépendamment des autres assemblages en transmettant par exemple une commande adaptée à cet assemblage.

[0035] Le module de pilotage 20 se présente par exemple au moins partiellement sous la forme d'un circuit logique programmable ou sous la forme d'un logiciel. Dans ce dernier cas, il est mis en œuvre par un processeur adapté.

[0036] Selon le premier mode de réalisation de l'antenne 10, les assemblages mobiles 14A à 14D sont sensiblement identiques.

[0037] Ainsi, par la suite, seul l'assemblage mobile 14A sera expliqué en détail en référence aux figures 2 à 4.

[0038] En particulier, les figures 2 et 3 illustrent un tel assemblage mobile 14A selon un premier exemple de réalisation de celui-ci.

[0039] En référence à la figure 2, l'assemblage mobile

14A comprend une source rayonnante 22 et un support 24 fixant cette source 22 de façon mobile à l'embase 16.

[0040] La source rayonnante 22 se présente par exemple sous la forme d'un cornet d'émission et/ou de réception des signaux radioélectriques allongé selon un axe de source C.

[0041] Cet axe de source C est orienté vers le dispositif de réflexion 12 et dans le premier exemple de réalisation de l'assemblage 14A, est perpendiculaire au plan focal PF en toute position de cet assemblage 14A.

[0042] Par ailleurs, dans le premier exemple de réalisation de l'assemblage 14A, le support 24 permet à la source rayonnante 22 de se déplacer dans une surface de balayage coïncidant avec le plan focal du dispositif de réflexion 12.

[0043] Ce plan focal est visible sur la figure 3 et dénoté par la référence « PF » sur cette figure 3.

[0044] En particulier, le support 24 permet à la source rayonnante 22 de se déplacer dans le plan focal PF selon deux degrés de liberté comprenant dans l'exemple de la figure 2 deux rotations autour des axes parallèles qui sont perpendiculaires au plan focal PF.

[0045] L'un de ces axes est dit axe primaire de rotation  $X_1$  et l'autre est dit l'axe secondaire de rotation  $X_2$ . En outre, l'axe primaire de rotation  $X_1$  est fixé en translation par rapport à l'embase 16.

[0046] Pour assurer le déplacement de la source rayonnante 22 dans le plan focal PF selon deux degrés de liberté, le support 24 comprend un avant-bras 26 rotatif par rapport à l'axe primaire de rotation  $X_1$  dans un plan de rotation, dit plan de rotation inférieur PI, et un bras 28 rotatif par rapport à l'axe secondaire de rotation  $X_2$  dans une surface de rotation, dite surface de rotation supérieure SS.

[0047] Comme cela est visible sur la figure 3, la surface de rotation supérieure SS est disposée entre le plan focal PF et le plan de rotation inférieur PI.

[0048] Par ailleurs, dans le premier exemple de réalisation de l'assemblage 14A, cette surface de rotation supérieure SS présente un plan.

[0049] L'avant-bras 26 est de forme allongée et présente ainsi deux extrémités. L'une de ces extrémités est fixée rotative autour de l'axe primaire de rotation  $X_1$  sur un stator 30 en lien rigide avec l'embase 16. L'autre extrémité est fixée de manière rotative autour de l'axe secondaire de rotation  $X_2$  au bras 28.

[0050] De manière analogue, le bras 28 est de forme allongée et présente ainsi deux extrémités. L'une de ces extrémités est fixée de manière rotative autour de l'axe secondaire de rotation  $X_2$  à l'avant-bras 26 et l'autre reçoit de manière fixe la source rayonnante 22.

[0051] Les étendues longitudinales du bras 28 et de l'avant-bras 26 sont par exemple sensiblement identiques comme cela peut se voir sur la figure 3. Selon un autre exemple de réalisation, ces étendues sont différentes et sont adaptées en fonction de l'agencement des autres assemblages mobiles pour assurer un balayage plus important de la surface de balayage.

**[0052]** Pour mettre en œuvre la rotation autour des axes  $X_1$  et  $X_2$ , le support 24 comprend avantageusement deux moteurs, l'un étant intégré dans la jonction entre l'avant-bras 26 et le stator 30 et l'autre dans la jonction entre le bras 28 et l'avant-bras 26.

**[0053]** Ces moteurs présentent par exemple des moteurs de type pas à pas pilotables par le module de pilotage 20. Dans ce cas, les commandes transmises par le module de pilotage 20 à l'assemblage 14A correspondent à des courants électriques de tension adaptée.

**[0054]** Le module de pilotage 20 est ainsi apte à alimenter ces moteurs de façon adaptée via des moyens de transmission de courant électrique, intégrés dans le stator 30 et l'avant-bras 26.

**[0055]** Pour assurer la jonction de ces moyens entre le stator 30 et l'avant-bras 26, ces moyens de transmission présentent des câbles flexibles dans cette jonction ou comprennent alors un joint tournant électrique permettant d'éviter la transmission par câble entre ces composantes.

**[0056]** Pour assurer la transmission des signaux radioélectriques entre la source rayonnante 22 et le module de traitement 18, le support 24 comprend des moyens de transmission des signaux radioélectriques. Ces moyens comprennent par exemple des guides d'ondes intégrés dans le bras 28 et l'avant-bras 26 ainsi que deux joints tournants radiofréquence. L'un de ces joints tournants radiofréquence est intégré dans la jonction entre le bras 28 et l'avant-bras 26 et l'autre dans la jonction entre l'avant-bras 26 et le stator 30.

**[0057]** Avantageusement, chacun de ces joints tournants radiofréquence présente un joint tournant de type « groove gap », c'est-à-dire un joint tournant comprenant au moins un canal de transmission de signaux radioélectriques qui est délimités par des plots espacés entre eux selon une distance prédéterminée.

**[0058]** Plus avantageusement, chacun des joints tournants utilisés pour la transmission des signaux radioélectriques ou au moins le joint tournant intégré dans la jonction entre le bras 28 et l'avant-bras 26 est configuré pour permettre la rotation autour de l'axe correspondant à  $360^\circ$ .

**[0059]** Un assemblage mobile 14A selon un deuxième exemple de réalisation est illustré en détail sur la figure 4 dans ses différentes positions A) à D).

**[0060]** L'assemblage mobile 14A selon cet exemple de réalisation est sensiblement analogue à celui décrit précédemment.

**[0061]** À la différence de l'assemblage 14A décrit précédemment, dans l'assemblage mobile selon ce deuxième exemple de réalisation, l'axe secondaire de rotation  $X_2$  est incliné par rapport à l'axe primaire de rotation  $X_1$ , l'axe primaire de rotation  $X_1$  situé au foyer du dispositif de réflexion et restant toujours perpendiculaire au plan focal PF.

**[0062]** L'angle d'inclinaison de l'axe secondaire de rotation  $X_2$  est choisi de telle sorte qu'en toute position de l'assemblage 14A, la source rayonnante 22 soit orientée

vers le centre du dispositif de réflexion 12. Autrement dit, cet angle est choisi de sorte que l'axe de source C soit orienté vers le centre du dispositif de réflexion 12.

**[0063]** Ainsi, selon cet exemple de réalisation, la source rayonnante 22 est mobile dans une surface de balayage tangente au plan focal au foyer. Cette surface de balayage présente donc une surface convexe s'étendant d'un seul côté du plan focal à proximité de celui-ci, entre le dispositif de réflexion 12 et ce plan focal.

**[0064]** Dans l'exemple de réalisation de la figure 4, l'angle d'inclinaison de l'axe secondaire de rotation  $X_2$  est égal sensiblement à  $4,5^\circ$ . Cette valeur dépend de la géométrie de l'antenne.

**[0065]** Par ailleurs, dans l'exemple de cette figure 4, pour former une inclinaison de l'axe secondaire de rotation  $X_2$ , les extrémités adjacentes de l'avant-bras 26 et du bras 28 sont coudées d'un même angle.

**[0066]** Ainsi, dans ce cas, au moins une partie de l'avant-bras 26 comprenant l'extrémité rotative autour de l'axe primaire de rotation reste rotatif dans le plan de rotation inférieur PI tel que décrit précédemment alors la surface de rotation supérieure est différente d'un plan et correspond à une surface conique.

**[0067]** La surface de rotation supérieure SS est comprise entre la surface de balayage et le plan de rotation inférieur PI. Cela permet alors au bras 28 de tourner indépendamment de l'avant-bras 26.

**[0068]** Sur la figure 4, dans la position A), le bras 28 et l'avant-bras 26 s'étendent selon la même direction et l'axe de source C coïncident avec l'axe primaire de rotation  $X_1$ .

**[0069]** Dans les positions B) et C), le bras 28 et l'avant-bras 26 s'étendent selon des directions perpendiculaires.

**[0070]** Ainsi, dans la position B), l'axe de source C est incliné par rapport à l'axe primaire de rotation  $X_1$  dans le plan de la figure et par rapport à l'axe secondaire de rotation  $X_2$  dans un plan perpendiculaire au plan de la figure.

**[0071]** Dans la position C), l'axe de source C est incliné par rapport à l'axe primaire de rotation  $X_1$  dans le plan de la figure et l'axe primaire de rotation  $X_1$  est incliné par rapport à l'axe secondaire de rotation  $X_2$  dans le plan perpendiculaire au plan de la figure.

**[0072]** Dans la position D), le bras 28 et l'avant-bras 26 s'étendent tous les deux dans le plan de la figure et l'axe de source C et l'axe secondaire de rotation  $X_2$  sont donc inclinés par rapport à l'axe primaire de rotation  $X_1$  dans ce plan, l'angle d'inclinaison de l'axe de source C étant le double de l'angle d'inclinaison de l'axe secondaire de rotation  $X_2$ .

**[0073]** Une variante du deuxième exemple de réalisation de l'assemblage mobile 14A est illustrée sur la figure 5. Dans cette variante, l'axe primaire de rotation  $X_1$  de l'avant-bras 26 est proche du foyer F et ne passe donc pas par ce foyer.

**[0074]** Ainsi, dans cette variante de réalisation, l'axe primaire de rotation  $X_1$  est incliné pour viser le centre du réflecteur 12. La disposition du bras 28 par rapport à

l'avant-bras 26 reste comme cela a été décrit en relation avec la figure 4.

**[0075]** Cette variante est particulièrement avantageuse, lorsque l'axe primaire de rotation  $X_1$  de chacun des assemblages mobiles 14A à 14D est disposé proche du foyer, comme cela sera expliqué par la suite.

**[0076]** Sur la figure 5, les deux assemblages mobiles 14A et 14B sont visibles. Selon cette figure, il est clair que la surface de balayage décrite par les sources de ces assemblages 14A et 14B présente une partie d'une sphère. Par ailleurs, dans l'exemple de cette figure 5, le bras 28 de chacun des assemblages 14A, 14B présente une longueur inférieure à celle de l'avant-bras 26 correspondant et seule l'extrémité de l'avant-bras 26 adjacente au bras 28 est soudée. Dans ce cas, au moins dans une position, le bras 28 s'étend le long de la partie soudée de l'avant-bras 26. Le bras 28 est donc rotatif dans un plan intersectant le plan de rotation de l'avant-bras 26.

**[0077]** Bien entendu, cette variante de dispositions du bras et de l'avant-bras reste applicable à l'exemple de réalisation de la figure 4, c'est-à-dire lorsque l'axe primaire de rotation passe par le foyer.

**[0078]** Plus généralement et avantageusement vis-à-vis des performances de l'antenne, on construit chacun des assemblages 14A à 14D de telle sorte que quels que soient sa position et ses axes de rotation, l'axe de la source vise le centre du dispositif de réflexion.

**[0079]** Ainsi, quelle que soit la position des bras, l'axe de chaque source vise le centre du dispositif de réflexion 12.

**[0080]** De manière générale, il est possible de disposer de cette manière N assemblages mobiles analogues aux assemblages mobiles 14A et 14B de la figure 5, de sorte que leurs sources rayonnantes visent le centre du dispositif de réflexion et décrivent avantageusement une même surface de balayage présentant une partie d'une sphère.

**[0081]** Ainsi, selon d'autres variantes du deuxième exemple de réalisation de l'assemblage mobile 14A illustrées sur les figures 6 et 7, l'axe primaire de rotation  $X_1$  de cet assemblage 14A ainsi que des assemblages lui analogues 14B à 14D est disposé loin du foyer F.

**[0082]** Dans ce cas, chacun de ces assemblages 14A à 14D et notamment leurs axes  $X_1$  et  $X_2$  sont configurés de telle sorte que les axes de source correspondants visent le centre ou un point proche du centre du dispositif de réflexion. Les sources sont alors mobiles sur une partie d'une sphère comme décrit précédemment.

**[0083]** Ceci permet d'excentrer le foyer F du dispositif de réflexion 12 de telle sorte à disposer d'une surface de balayage centrée sur le foyer comme illustré sur les figures 6 et 7.

**[0084]** En effet, ces figures 6 et 7 montrent un agencement possible des assemblages mobiles 14A à 14D sur l'embase 16 avec un foyer excentré. Le cercle T représente par exemple sur les figures 6 et 7 l'image de la terre vue du foyer du dispositif de réflexion. On comprend ainsi que l'excentration du foyer F permet avantageuse-

ment de pouvoir balayer l'ensemble de la terre.

**[0085]** Un autre agencement possible des assemblages mobiles 14A à 14D sur l'embase 16 est illustré sur les figures 8 et 9.

**[0086]** En particulier, ces figures illustrent un agencement de ces assemblages 14A à 14D selon le premier exemple de réalisation de chacun d'entre eux mais peut également être appliqué à des assemblages selon le deuxième exemple de réalisation.

**[0087]** Ainsi, selon ces figures, les assemblages mobiles 14A à 14D sont agencés de manière symétrique autour du foyer F du dispositif de réflexion 12. Par ailleurs, avantageusement, les axes primaires de rotation  $X_1$  de ces assemblages sont disposés au plus près de ce foyer et visent le centre du dispositif de réflexion.

**[0088]** En outre, ces assemblages 14A à 14D sont disposés de sorte que les plans de rotation inférieurs PI de leur avant-bras 26 coïncident entre eux. Autrement dit, dans ce type d'agencement, le bras 28 de chaque assemblage 14A à 14D se trouve au-dessus de l'avant-bras 26 de chaque assemblage 14A à 14D. Ceci permet alors de faciliter les déplacements respectifs des sources rayonnantes 22 correspondantes afin de balayer une plus grande partie de la surface de balayage.

**[0089]** La figure 8 illustre les positions initiales de ces assemblages mobiles 14A à 14D lors par exemple du lancement du satellite.

**[0090]** La figure 9 illustre des positions opérationnelles de ces assemblages. Ces positions peuvent être changées au cours de la mission du satellite. On conçoit alors que la présente invention présente un certain nombre d'avantages.

**[0091]** En particulier, l'invention propose une antenne comprenant des sources rayonnantes mobiles dans le plan focal ou à proximité de celui-ci. L'invention permet de modifier les positions de ces sources rayonnantes indépendamment l'une de l'autre en modifiant ainsi le pointage de l'antenne de façon mécanique.

**[0092]** Cela permet d'éviter l'utilisation de composants électroniques complexes et lourdes des antennes actives mettant en œuvre un pointage électronique.

**[0093]** Cela permet également d'utiliser un seul dispositif de réflexion ce qui permet de réduire considérablement la masse et l'encombrement de l'antenne dans le cas des antennes passives mettant en œuvre un pointage mécanique.

**[0094]** L'antenne selon l'invention permet donc de mettre en œuvre un pointage flexible sans ajout de composants lourdes et complexe.

**[0095]** Une antenne multifaisceaux selon un deuxième mode de réalisation sera désormais décrite en référence à la figure 10.

**[0096]** Cette antenne selon le deuxième mode de réalisation est sensiblement analogue à l'antenne 10 décrite précédemment à l'exception des assemblages mobiles.

**[0097]** En particulier, l'antenne selon le deuxième mode de réalisation comprend quatre assemblages mobiles 114A à 114D dont au moins un diffère des autres assem-

blages.

**[0098]** Ainsi, dans l'exemple de la figure 10, les assemblages 114B à 114D sont identiques aux assemblages 14B à 14D décrits précédemment et sont donc identiques entre eux.

**[0099]** En revanche, l'assemblage 114A diffère de chacun de ces assemblages par une extrémité 129 du bras 128 portant la source rayonnante 122.

**[0100]** Selon ce deuxième mode de réalisation, cette extrémité présente une forme allongée d'étendue égale par exemple à la somme des étendues transversales du bras et de l'avant-bras par exemple de l'assemblage 114B.

**[0101]** Ainsi, lorsque les assemblages mobiles 114A à 114D sont agencés par exemple de manière symétrique autour du foyer, le bras 128 et l'avant-bras 126 de l'assemblage 114A sont disposés au-dessous du bras et de l'avant-bras de chaque autre assemblage mobile 114B à 114D.

**[0102]** Autrement dit, dans ce cas, les surfaces de rotation supérieures SS et les plans de rotation inférieurs PI des supports des assemblages 114B à 114D sont compris entre la surface de balayage et la surface de rotation supérieure SS et le plan de rotation inférieur PI du support de l'assemblage mobile 114A.

**[0103]** Encore autrement dit, dans ce cas, le bras et l'avant-bras du support de l'assemblage mobile 114A sont disposés au-dessous des bras et des avant-bras des autres assemblages mobiles 114B à 114D.

**[0104]** Il est également possible de disposer ces assemblages 114A à 114D de telle sorte que la surface de rotation supérieure du bras 128 d'au moins un support soit comprise dans le plan de rotation inférieur PI de l'avant-bras 126 d'au moins un autre support.

**[0105]** Dans ce cas, le bras 128 d'au moins un support est disposé au niveau de l'avant-bras 126 d'au moins un autre support.

**[0106]** Cela permet alors d'avoir davantage d'espace disponible pour faire bouger ces différents assemblages.

**[0107]** Bien entendu, d'autres modes et exemples de réalisation sont également possibles.

**[0108]** Il est par exemple possible de rendre mobile au moins selon un degré de liberté le dispositif de réflexion 12. Ceci rendra le pointage de l'antenne selon le premier ou le deuxième mode de réalisation encore plus flexible.

**[0109]** Il est également possible de monter au moins une source rayonnante de façon immobile par exemple au foyer de l'antenne et de disposer les autres sources rayonnantes mobiles par exemple autour de cette source immobile.

**[0110]** Il est possible également de ne pas limiter le nombre de degré de liberté, il est donc possible d'avoir des ensembles mobiles avec 1 à N axe(s) de rotation.

## Revendications

1. Antenne multifaisceaux (10) à pointage réglable

comprenant un dispositif de réflexion (12) unique et une pluralité de sources rayonnantes (22; 122) disposées en regard du dispositif de réflexion (12) et aptes à émettre et/ou à recevoir des signaux radioélectriques, le dispositif de réflexion (12) définissant un centre, un plan focal (PF) et un foyer se trouvant dans ce plan focal (PF) ;

l'antenne (10) étant **caractérisée en ce qu'**au moins l'une des sources rayonnantes (22; 122), dite source mobile, est mobile sensiblement indépendamment de la ou de chaque autre source rayonnante (22) dans une surface de balayage pour régler le pointage de l'antenne (10), la surface de balayage coïncidant avec le plan focal (PF) ou étant tangente à celui-ci au foyer.

2. Antenne (10) selon la revendication 1, dans laquelle la source mobile (22 ; 122) est mobile dans la surface de balayage selon au moins deux degrés de liberté.

3. Antenne (10) selon la revendication 2, dans laquelle chacun des deux degrés de liberté comprend la rotation autour d'un axe, l'un des axes étant dit axe primaire de rotation ( $X_1$ ) et l'autre, axe secondaire de rotation ( $X_2$ ).

4. Antenne (10) selon la revendication 3, dans laquelle :

- l'axe primaire de rotation ( $X_1$ ) et l'axe secondaire de rotation ( $X_2$ ) sont perpendiculaires au plan focal (PF), la surface de balayage coïncidant alors avec le plan focal ; ou

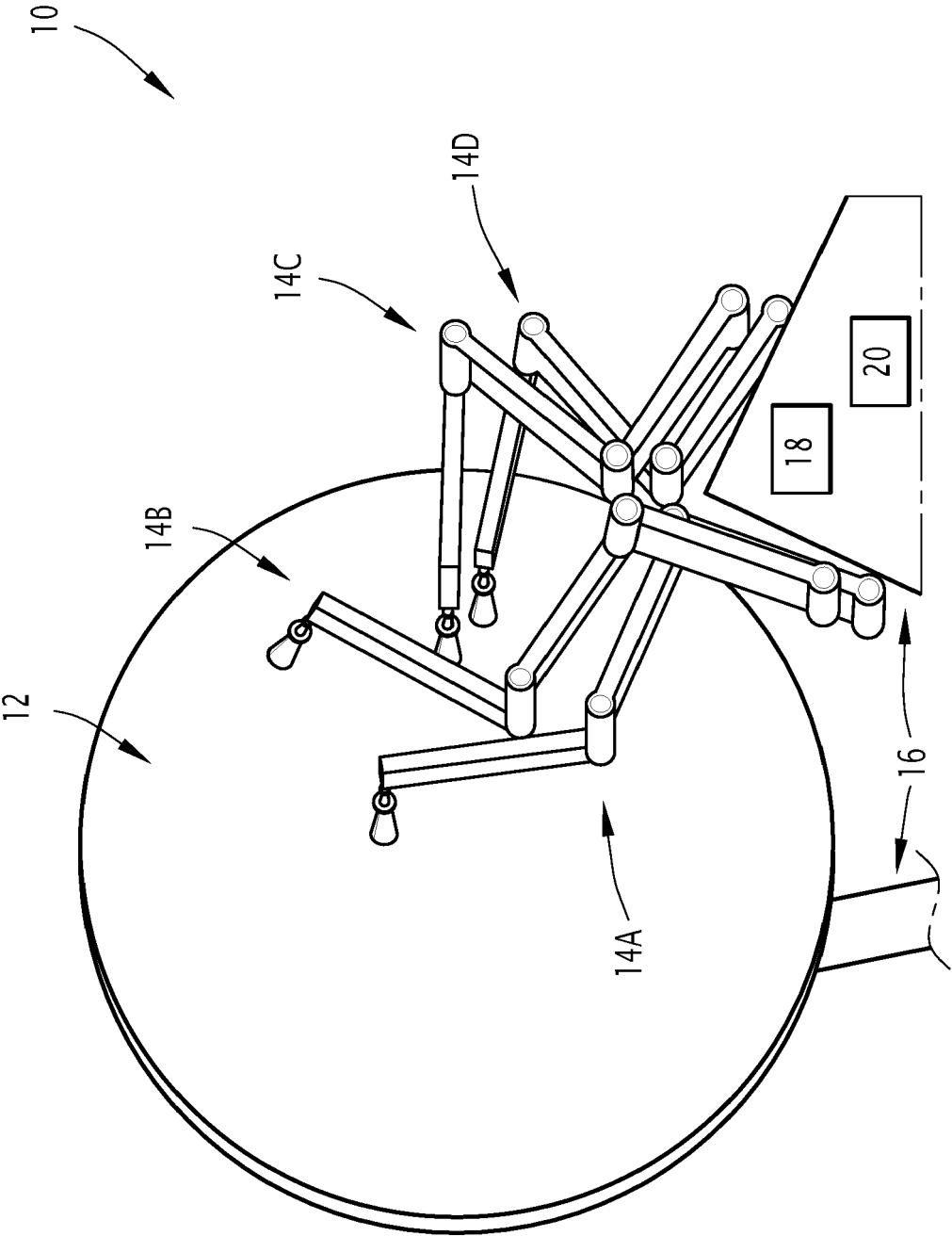
- l'axe primaire de rotation ( $X_1$ ) est perpendiculaire au plan focal (PF) et passe par le foyer du dispositif de réflexion (12), et l'axe secondaire de rotation ( $X_2$ ) est incliné par rapport à ce plan focal (PF) de sorte qu'en toute position, la source mobile (22 ; 122) est orientée vers le centre du dispositif de réflexion (12), la surface de balayage étant alors tangente au plan focal (PF) au foyer ; ou

- l'axe primaire de rotation ( $X_1$ ) est situé hors du foyer, et l'axe primaire de rotation ( $X_1$ ) et l'axe secondaire de rotation ( $X_2$ ) sont inclinés par rapport au plan focal (PF) de sorte qu'en toute position, la source mobile (22 ; 122) est orientée vers le centre du dispositif de réflexion (12), la surface de balayage étant alors tangente au plan focal (PF) au foyer.

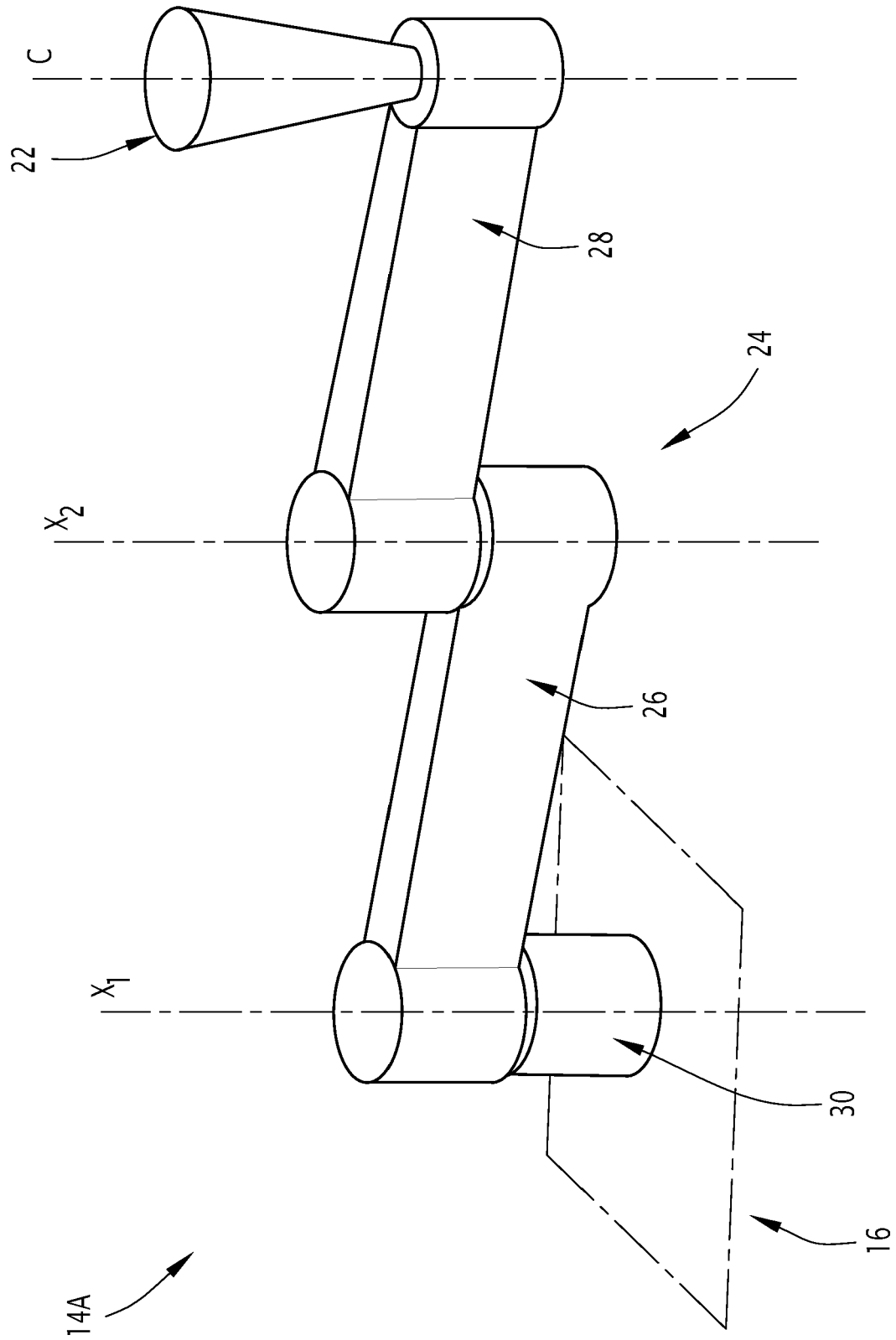
5. Antenne (10) selon la revendication 3 ou 4, dans laquelle l'axe primaire de rotation ( $X_1$ ) est fixe en translation.

6. Antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, comportant plusieurs sources mobiles (22 ; 122) analogues à ladite source mobile (22 ;

- 122).
7. Antenne (10) selon la revendication 6, dans laquelle les axes primaires de rotation ( $X_1$ ) des sources mobiles sont disposés symétriquement autour du foyer. 5
  8. Antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, comprenant en outre pour le ou chaque source mobile (22 ; 122), un support (24) fixé sur une embase (16) et comprenant un avant-bras (26 ; 126) rotatif autour de l'axe primaire de rotation ( $X_1$ ) de la source mobile (22 ; 122) correspondante et un bras (28 ; 128) rotatif autour de l'axe secondaire de rotation ( $X_2$ ) de la source mobile (22 ; 122) correspondante et définissant une extrémité de fixation de cette source mobile (22 ; 122). 10
  9. Antenne (10) selon la revendications 8, dans laquelle le ou chaque support (24) comprend en outre au moins un moteur pas à pas apte à entraîner en rotation l'avant-bras (26 ; 126) ou le bras (28 ; 128) de ce support (24) autour de l'axe correspondant ( $X_1$ ,  $X_2$ ). 15
  10. Antenne (10) selon la revendication 8 ou 9, dans laquelle le ou chaque support (24) comprend en outre au moins un joint tournant raccordant l'avant-bras (26 ; 126) à l'embase (16) ou le bras (28 ; 128) à l'avant-bras (26 ; 126) de ce support (24), le joint tournant étant apte à transmettre des signaux radioélectriques et/ou du courant électrique entre ces éléments. 20
  11. Antenne (10) selon la revendication 10, dans laquelle le ou chaque joint tournant comprend au moins un canal de transmission des signaux radioélectriques, le canal de transmission étant délimité par une pluralité de plots espacés entre eux. 25
  12. Antenne (10) selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans laquelle le bras (28 ; 128) du ou de chaque support (24) est rotatif dans une surface de rotation, dite surface de rotation supérieure (SS), et au moins une partie de l'avant-bras (26 ; 126) de ce support (24) est rotatif dans un plan de rotation, dit plan de rotation inférieur (PI), ce plan de rotation inférieur (PI) étant parallèle au plan focal (PF) et cette surface de rotation supérieure (SS) étant comprise entre le plan focal (PF) et ce plan de rotation inférieur (PI). 30
  13. Antenne (10) selon la revendication 12, dans laquelle lorsqu'elle comprend plusieurs sources mobiles (22 ; 122), les plans de rotation inférieurs (PI) des avant-bras d'au moins deux supports (24) coïncident entre eux. 35
  14. Antenne (10) selon la revendication 12 ou 13, dans laquelle lorsqu'elle comprend plusieurs sources mobiles (122), la surface de rotation supérieure (SS) et le plan de rotation inférieur (PI) du bras (128) et de l'avant-bras (126) d'au moins un support (24) sont compris entre la surface de balayage et la surface de rotation supérieure (SS) et le plan de rotation inférieur (PI) du bras (128) et de l'avant-bras (126) d'au moins un autre support (24). 40
  15. Antenne (10) selon la revendication 12 ou 13, dans laquelle lorsqu'elle comprend plusieurs sources mobiles (122), la surface de rotation supérieure (SS) du bras (128) d'au moins un support (24) est comprise dans le plan de rotation inférieur (PI) de l'avant-bras (126) d'au moins un autre support (24). 45
  16. Antenne (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le dispositif de réflexion (12) est mobile. 50



**FIG. 1**



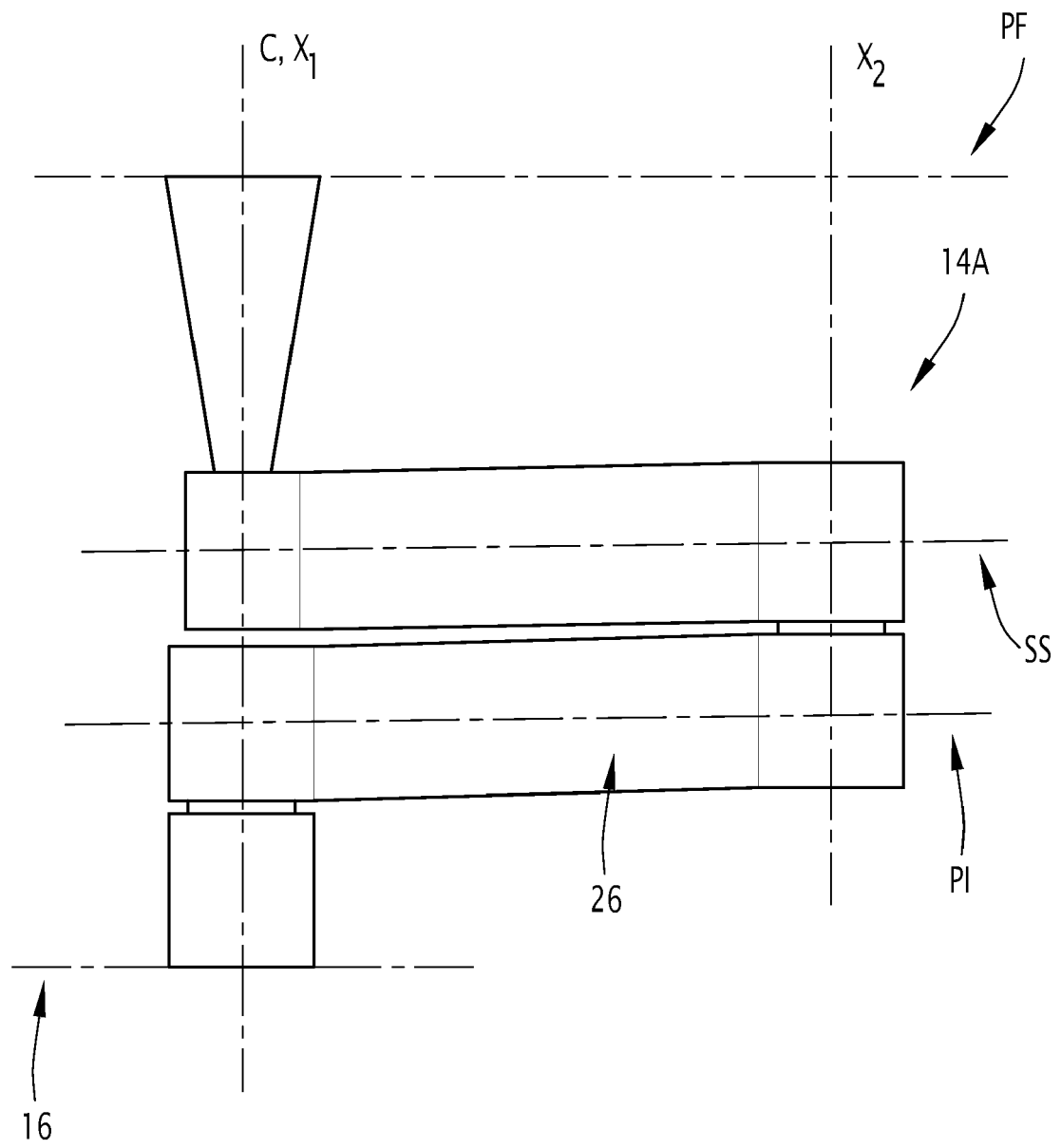
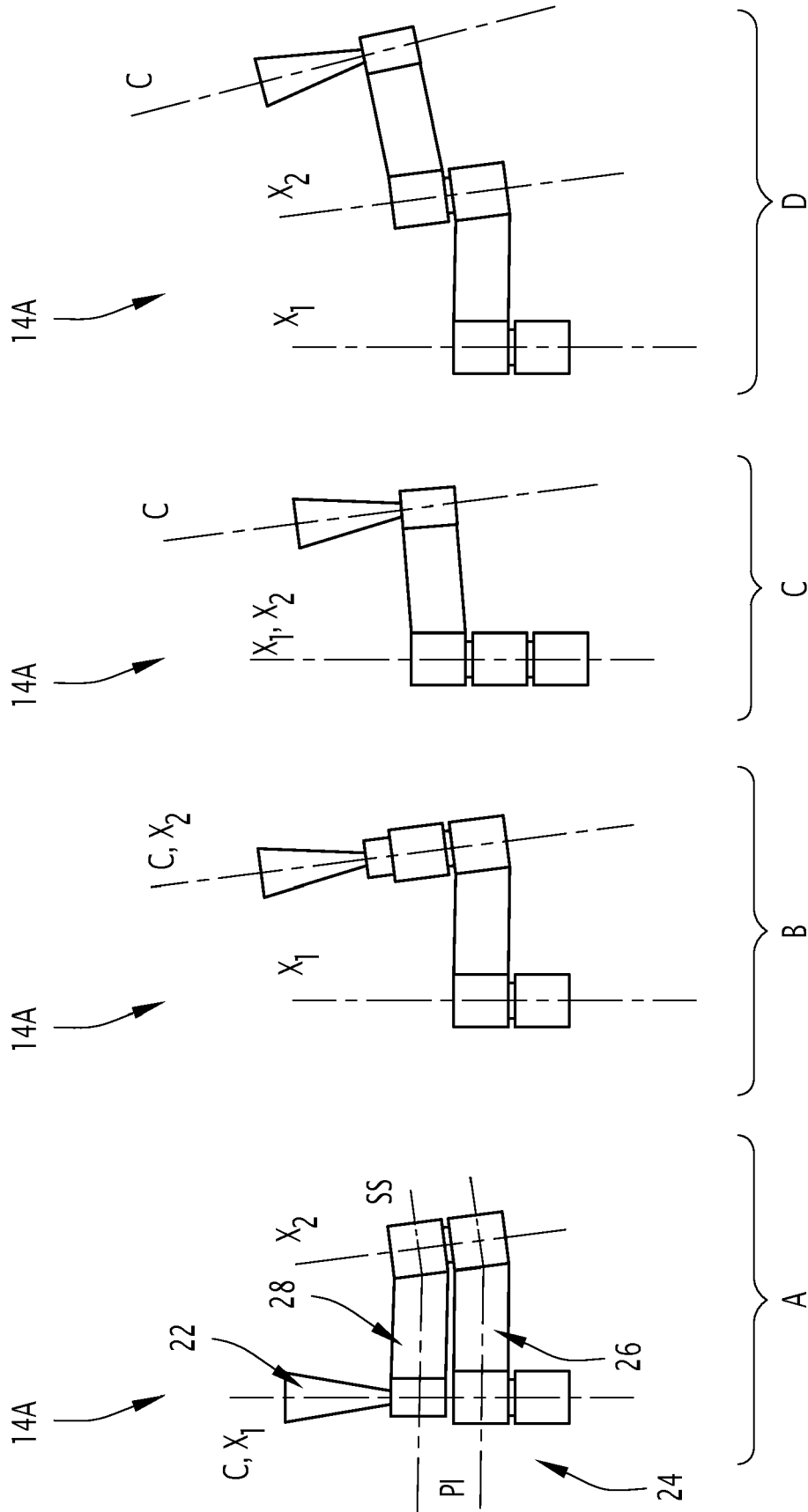
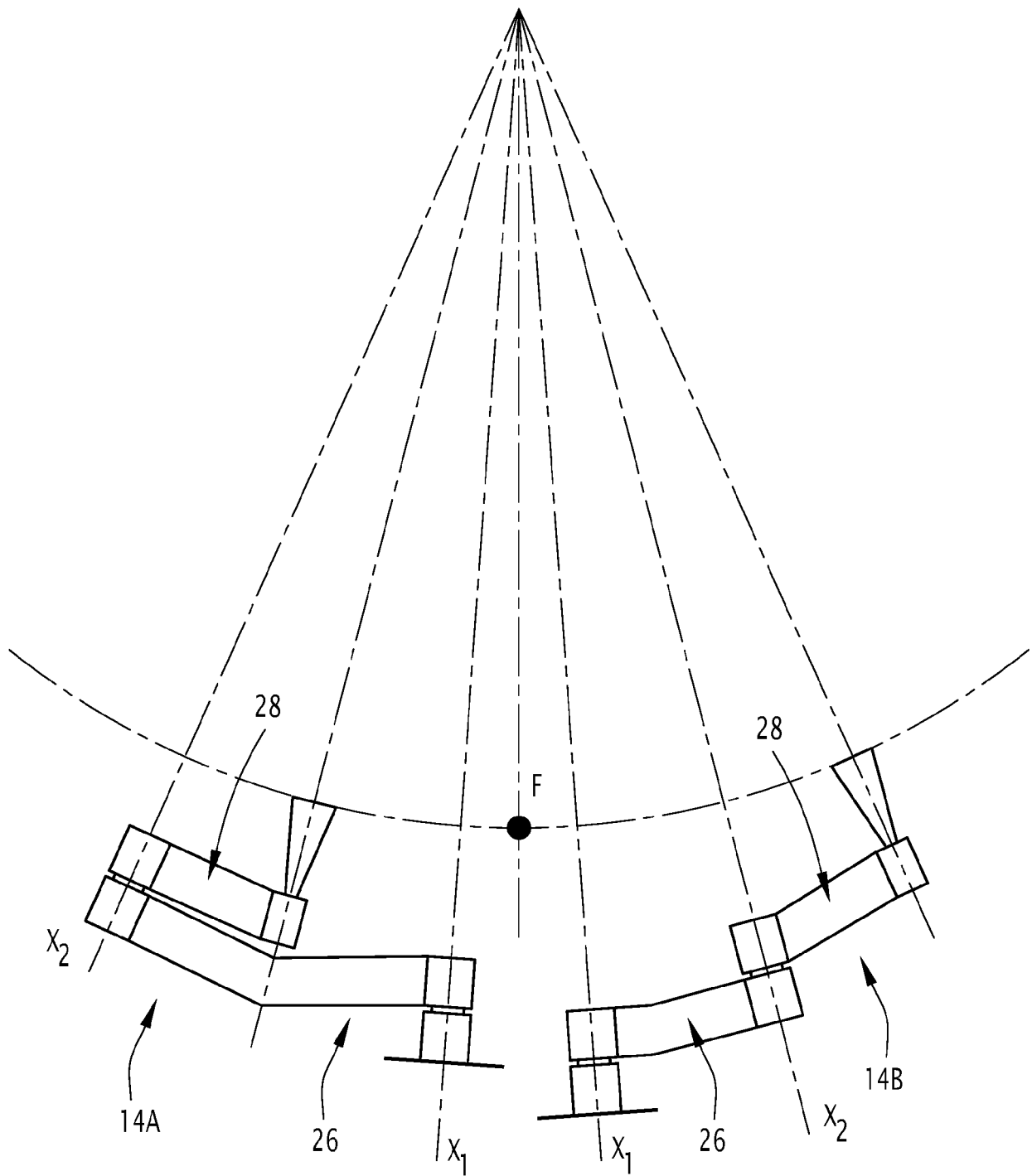


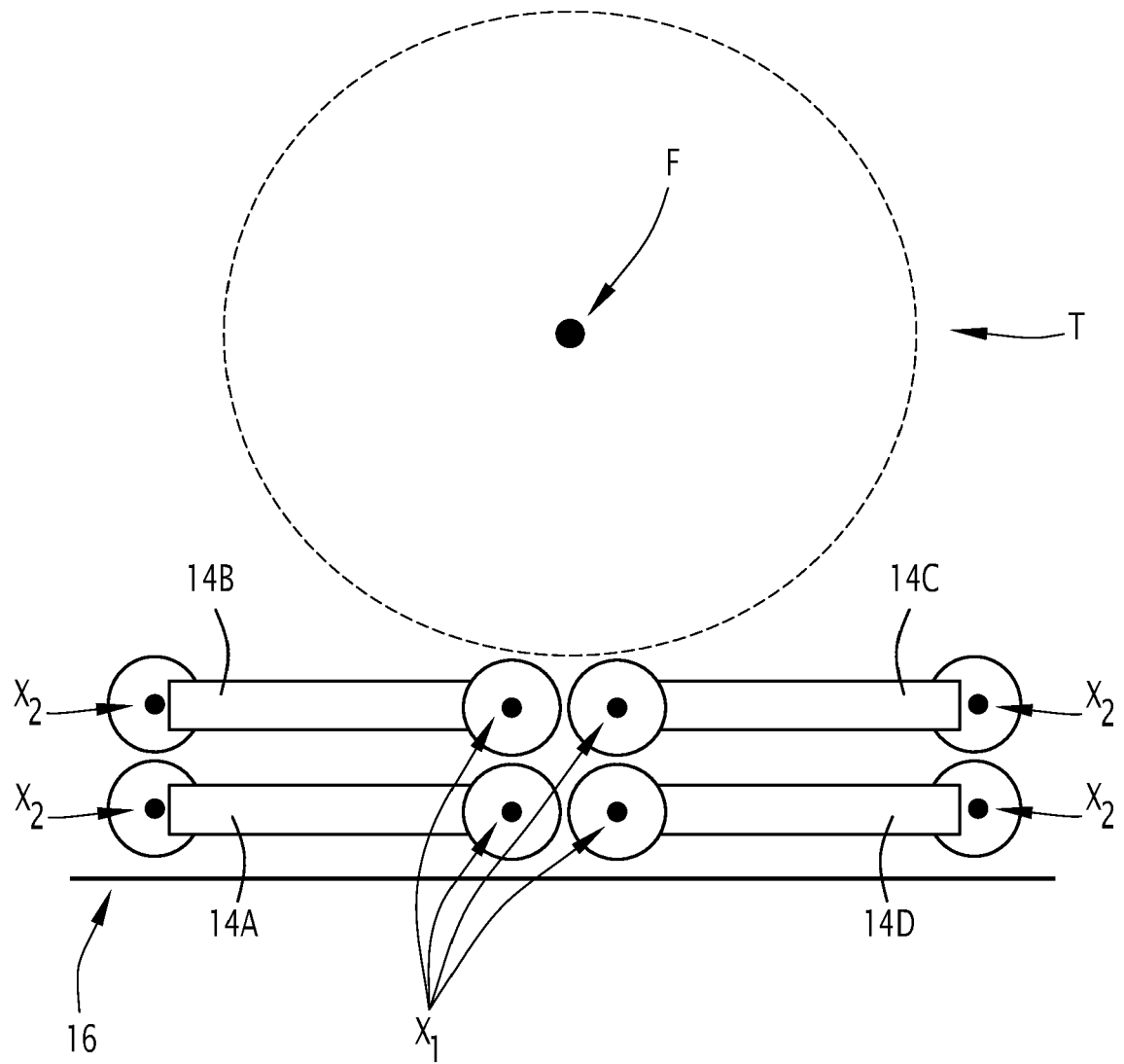
FIG.3



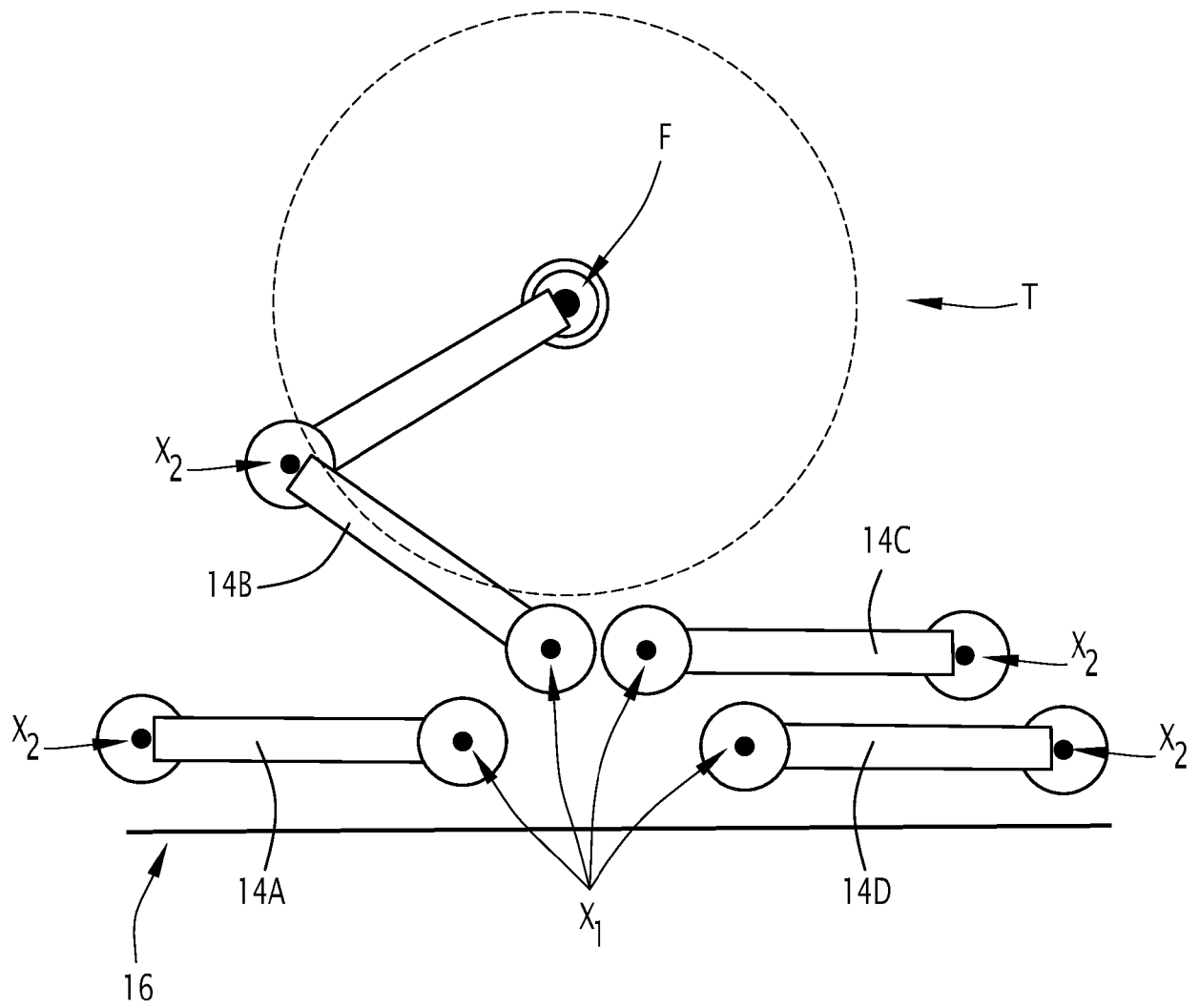
**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG.6**



**FIG.7**

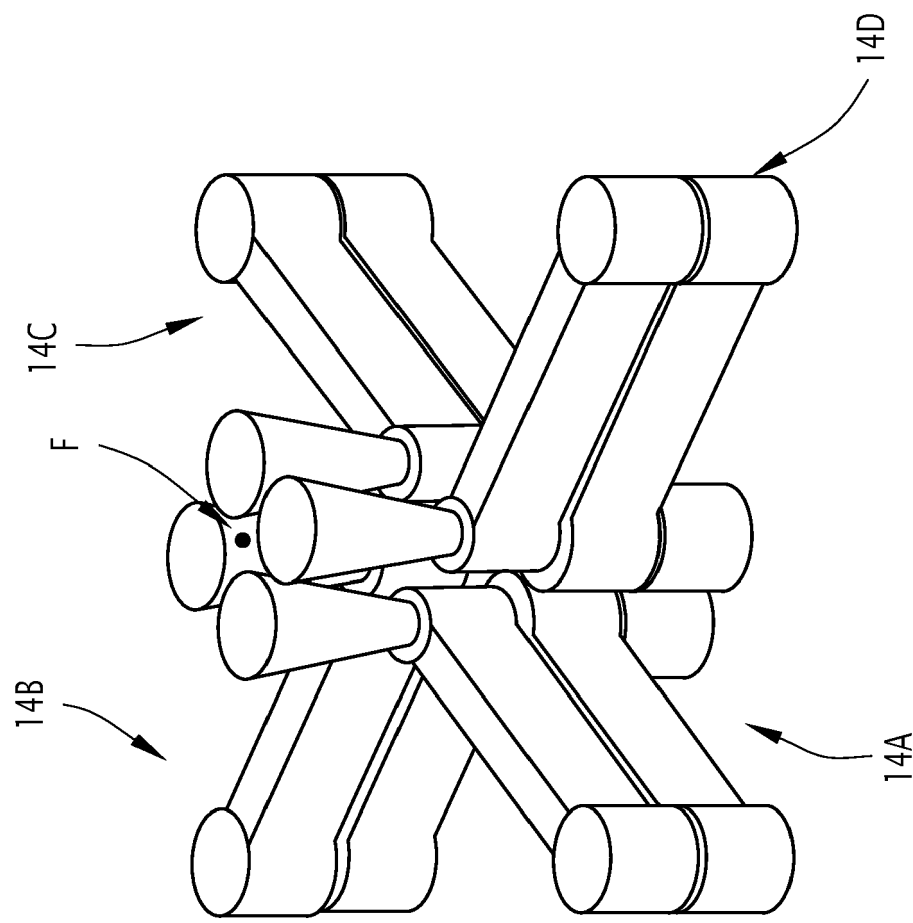


FIG.8

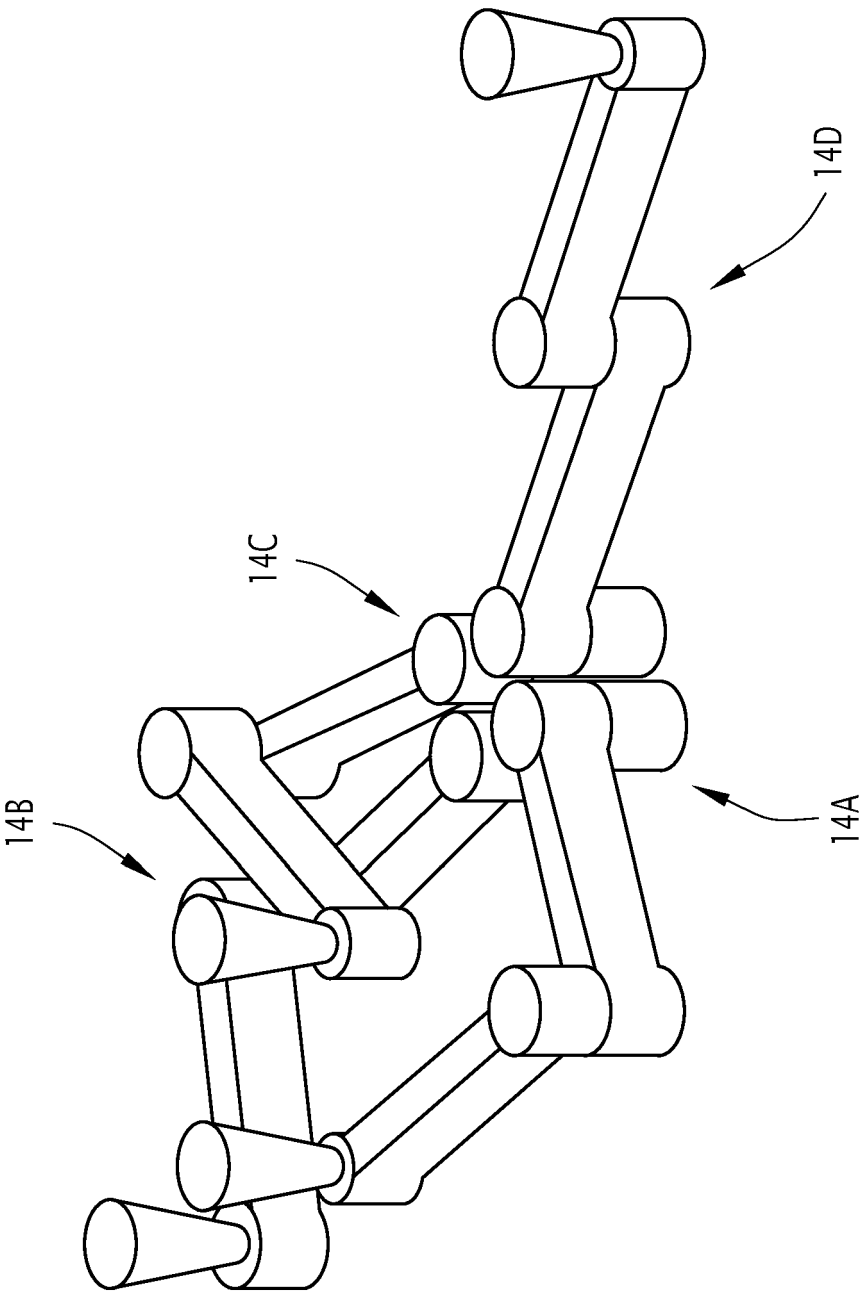
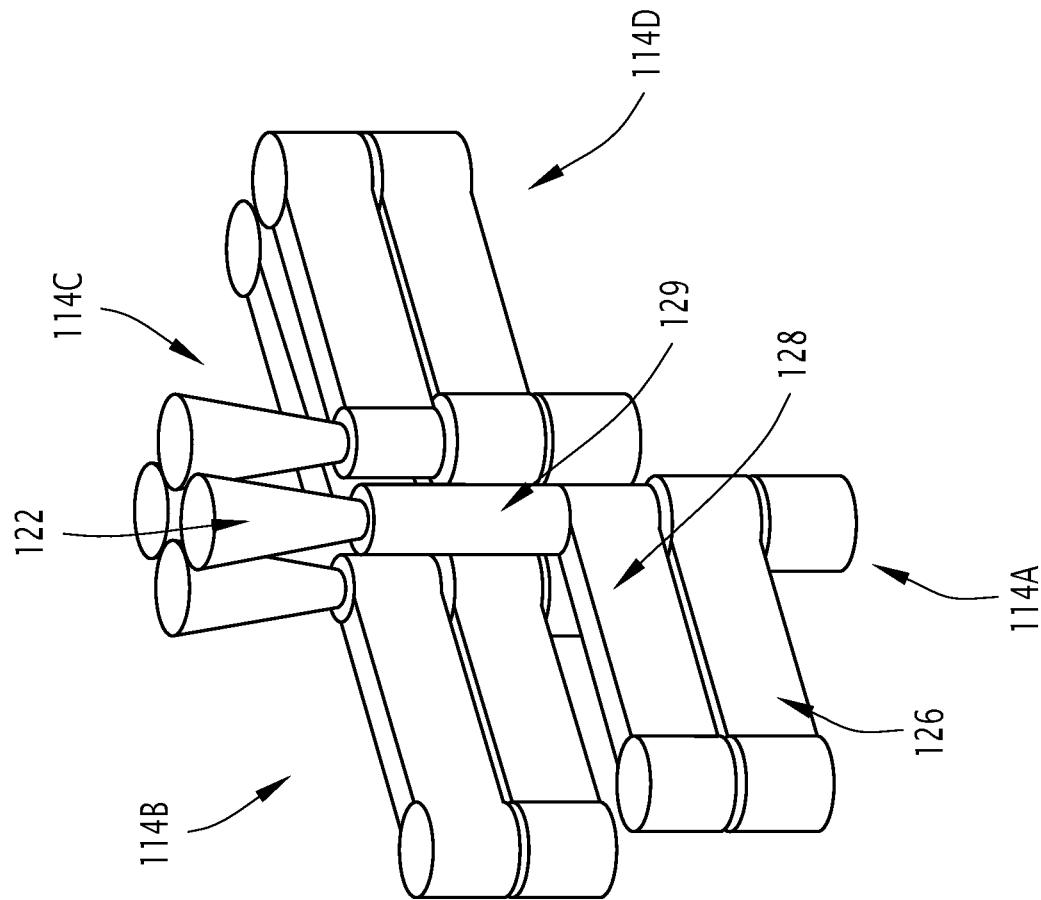


FIG.9



**FIG.10**



## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 21 9746

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                                                                                                                                                                                                                                   | EP 1 437 796 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP])<br>14 juillet 2004 (2004-07-14) | 1-3,5,6,16                                                                                                                                                                                                                                                      | INV.<br>H01Q1/28<br>H01Q3/08<br>H01Q3/18<br>H01Q19/12<br>H01Q25/00 |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | * figure 18 *<br>* alinéa [0059] *<br>* alinéa [0063] *<br>* alinéa [0094] *        | 4,7-15                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                   | -----<br>CN 106 785 444 A (NO 54 INST CN ELECT SCI & TECH) 31 mai 2017 (2017-05-31) | 1-3,5,6,16                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | * figures 1-3 *                                                                     | 4,7-15                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                   | -----<br>JP H02 33202 A (TOSHIBA CORP)<br>2 février 1990 (1990-02-02)               | 1,16                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | * figure 4 *                                                                        | 2-15                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                     | -----                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                 | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)                               |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                 | H01Q                                                               |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                    |
| Lieu de la recherche                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     | Date d'achèvement de la recherche                                                                                                                                                                                                                               | Examineur                                                          |
| La Haye                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     | 11 mai 2020                                                                                                                                                                                                                                                     | Yvonnet, Yannick                                                   |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES                                                                                                                                                                                                       |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                    |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                     | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>& : 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 9746

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.

11-05-2020

10

Document brevet cité  
au rapport de recherche

Date de  
publication

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

Date de  
publication

15

EP 1437796 A1 14-07-2004

AT 343856 T 15-11-2006

CA 2460982 A1 10-04-2003

CN 1557039 A 22-12-2004

CN 101098050 A 02-01-2008

DE 60215686 T2 10-05-2007

EP 1437796 A1 14-07-2004

EP 1641076 A1 29-03-2006

EP 1819014 A1 15-08-2007

EP 1819015 A1 15-08-2007

JP 3613280 B2 26-01-2005

JP W02003030303 A1 20-01-2005

KR 20040039441 A 10-05-2004

NZ 531876 A 29-04-2005

25 TW 1230484 B 01-04-2005

US 2004263418 A1 30-12-2004

WO 03030303 A1 10-04-2003

-----

30 CN 106785444 A 31-05-2017 AUCUN

-----

JP H0233202 A 02-02-1990

JP 2693497 B2 24-12-1997

JP H0233202 A 02-02-1990

-----

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