

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 646 023**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **89 05105**

⑤1 Int Cl⁵ : H 01 Q 1/27, 3/02; B 64 G 1/66.

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 18 avril 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 42 du 19 octobre 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *AGENCE SPATIALE EUROPEENNE, Or-
ganisation Intergouvernementale. — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : Gilles Labruyère.

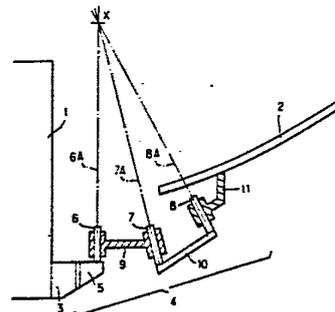
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Claude Rodhain, Conseils en
brevets d'invention.

⑤4 Dispositif de pointage d'antenne, satellite équipé d'un tel dispositif et procédé de pointage d'antenne utilisant un tel dispositif.

⑤7 Le dispositif articulé comprend au moins trois articulations 6, 7, 8 à rotation autour d'un axe respectivement 6A, 7A, 8A reliées deux-à-deux par des bras 9, 10. Le dispositif articulé selon l'invention est caractérisé en ce que lesdits axes de rotation 6A, 7A, 8A sont concourants en un centre virtuel de rotation X éloigné.

Utilisation sur des satellites de télécommunication, notamment de relais de données ou analogue possédant au moins un réflecteur parabolique 2.



FR 2 646 023 - A1

D

"Dispositif de pointage d'antenne, satellite équipé d'un tel dispositif et procédé de pointage d'antenne utilisant un tel dispositif".

5 La présente invention concerne un dispositif articulé notamment pour orienter une antenne directive placée sur un satellite.

L'invention vise également un satellite de télécommunication, notamment de relais de données, équipé d'un tel dispositif articulé.

10 L'invention vise aussi un procédé de pointage d'antenne utilisant un tel dispositif articulé.

Les satellites de télécommunication et plus particulièrement les satellites de relais de données possèdent de façon générale des antennes de forme parabolique qui sont de plus en plus directives et qu'il convient d'isoler des mouvements propres du satellite pendant leur manoeuvre de correction d'attitude et d'orbite. En effet lors de ces manoeuvres, il est nécessaire de diriger les antennes vers des cibles mobiles sur terre ou en orbite basse autour de la terre. De façon courante, ces fonctions d'isolation et de pointage sont généralement réalisées par un mécanisme à deux degrés de liberté que l'on appelle mécanisme de pointage d'antenne.

25 Il existe deux manières courantes de pointer le faisceau d'une antenne émettrice installée sur un satellite. Une antenne étant principalement constituée d'au moins une source d'ondes radio-électriques, un réflecteur, et une structure support de ces éléments, 30 la première façon consiste à orienter l'antenne dans son ensemble, c'est-à-dire la source, le réflecteur et la structure support. La seconde façon consiste à ne mouvoir que le réflecteur, de sorte à orienter les faisceaux radio-électriques provenant de la source et se réfléchissant sur le réflecteur. 35

La première solution présente les inconvénients d'une grande masse, d'un grand volume et d'une grande inertie à mouvoir et nécessite également un passage des signaux radio-électriques à travers le mécanisme de pointage d'antenne ce qui est souvent complexe à réaliser. La seconde solution est plus simple et plus répandue mais elle entraîne une distorsion du diagramme radio-électrique de l'antenne due à la modification des positions relatives de la source par rapport au réflecteur. En effet, dans ce dernier cas, la source ne reste pas au point focal du paraboloïde constitué par le réflecteur d'antenne.

Le but de la présente invention est donc de résoudre ces problèmes et de proposer un nouveau mécanisme de pointage notamment adapté pour pointer une antenne de satellite, du type dispositif articulé, permettant au moins deux possibilités de rotation autour d'un centre de rotation virtuel éloigné du dispositif articulé, et conservant la géométrie de l'antenne.

Cet objectif est atteint à l'aide d'un dispositif articulé comprenant au moins trois articulations à rotation autour d'un axe, reliées deux-à-deux par des bras, caractérisé en ce que lesdits axes de rotation sont concourants en un centre de rotation virtuel éloigné.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les angles séparant les axes de la première et la seconde articulations et de la seconde et la troisième articulations sont identiques.

Selon encore une autre caractéristique avantageuse de l'invention, lesdits bras sont coudés sensiblement en leur milieu et sont montés à pivotement à leur extrémité pour pouvoir pivoter de 360°.

Un autre objectif de l'invention est de proposer un satellite de télécommunication possédant au moins un réflecteur d'antenne parabolique principal pouvant se mouvoir selon au moins deux rotations distinctes autour de son point focal, la rotation
5 autour de l'axe du paraboloïde étant exclue.

Cet objectif est atteint à l'aide d'un satellite de télécommunication, notamment de relais de données ou analogue, possédant au moins un réflecteur
10 d'antenne parabolique caractérisé en ce qu'il est équipé d'un dispositif articulé tel que défini précédemment, ledit dispositif articulé supportant ledit réflecteur.

Selon une caractéristique avantageuse de
15 l'invention, le dispositif articulé comprend en outre :

- une première poulie montée à rotation sur l'axe de la première articulation et solidaire du premier bras,

- une seconde et une troisième poulies
20 montées à rotation sur l'axe de la seconde articulation et solidaire entre elles,

- une quatrième poulie montée à rotation sur l'axe de la troisième articulation et solidaire de la partie terminale,

25 lesdites poulies étant reliées deux-à-deux par deux câbles non croisés assurant leur coordination.

Encore un autre objectif de l'invention est de fournir un procédé de pointage d'antenne pour un satellite de télécommunication possédant au moins un
30 réflecteur d'antenne de manière à régler la direction de polarisation de l'antenne quand le réflecteur d'antenne est polarisé.

Cet objectif est atteint à l'aide d'un procédé de pointage d'antenne pour satellite de
35 télécommunication équipé d'un dispositif articulé tel que défini précédemment caractérisé en ce que :

- on positionne les deux premières articulations selon des angles de rotation respectifs pour obtenir un pointage dans une direction donnée,

5 - on positionne la troisième articulation selon un angle de rotation égal et opposé à l'angle de rotation de la première articulation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui va suivre et des dessins annexés donnés à titre
10 d'exemples non limitatifs dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un satellite équipé d'une antenne à réflecteur parabolique.

15 - La figure 2 est une représentation schématique du dispositif articulé selon l'invention,

- la figure 3a représente une première solution de positionnement du dispositif articulé selon l'invention par rapport à une direction de pointage du réflecteur d'antenne,

20 - la figure 3b représente une seconde solution de positionnement du dispositif articulé selon une direction de pointage du réflecteur d'antenne,

25 - la figure 4 est une représentation schématique du dispositif articulé selon l'invention avec des articulations à faible épaisseur.

- la figure 5 est une représentation schématique des directions de pointage que doit procurer le dispositif selon l'invention,

30 - la figure 6 est une représentation schématique du dispositif articulé selon l'invention comportant des poulies et des courroies.

La figure 1 représente un satellite 1 de télécommunication conventionnel équipé d'une antenne constituée par une source radio-électrique 20, une
35 structure support de source 30, un réflecteur parabolique 2, un mécanisme de pointage d'antenne 4 et

une structure support de réflecteur 3. Comme visible sur la figure 1, les mouvements appliqués au réflecteur 2 par le mécanisme de pointage d'antenne 4 sont du type pivotement simple. Les différentes positions du réflecteur d'antenne étant représentées en pointillés, le pointage de l'antenne consiste à dévier les faisceaux radio-électriques émis par la source 20 par inclinaison relative du réflecteur 2 par rapport à ladite source d'émission, ce qui assure la déviation des faisceaux radio-électriques selon une direction donnée. Cependant le fait que la source d'émission ne reste pas au point focal du paraboloïde du réflecteur, comme visible en figure 1, entraîne une distorsion du diagramme radio-électrique de l'antenne.

L'invention telle qu'elle sera décrite, permet de préserver une position relative de la source 20 par rapport au réflecteur 2, quel que soit le mouvement appliqué au satellite 1 pendant les phases de manoeuvres de correction d'altitude et d'orbite, de façon à conserver intact la géométrie de l'antenne et donc son diagramme de rayonnement.

La figure 2 représente un dispositif articulé 4 conforme à l'invention notamment adapté pour constituer un mécanisme de pointage d'antenne. Le dispositif articulé 4, comporte trois articulations 6, 7, 8 reliées deux-à-deux par des bras 9, 10 et prolongé par une partie terminale 11. Le dispositif articulé 4 est fixé par sa première articulation 6 à un support de réflecteur 3. La partie terminale 11 supporte un réflecteur 2 d'antenne parabolique.

Les trois articulations 6, 7, 8 présentant chacune respectivement un axe de rotation 6A, 7A, 8A. On définit un centre virtuel de rotation X du dispositif articulé 4 comme étant par exemple le point focal du paraboloïde du réflecteur d'antenne 2. De façon préférentielle, les trois axes 6A, 7A, 8A sont

concourants au centre virtuel de rotation X éloigné du réflecteur d'antenne 2 de sorte qu'il est possible d'effectuer au moins deux rotations, dans des plans différents du réflecteur 2 par rapport à son point focal.

5 Le bras 9 pivote par sa première extrémité autour de l'axe 6A de l'articulation 6. Le bras 10 est relié au bras 9 par l'intermédiaire de l'articulation 7 positionnée respectivement à la seconde extrémité du bras 9 et à la première extrémité du bras 10 et pivote autour de l'axe 7A. La partie terminale 11 est reliée au second bras 10 par l'intermédiaire de l'articulation 8 placée respectivement à la seconde extrémité du bras 10 et à la première extrémité de la partie terminale 11 et pivote autour de l'axe 8A.

15 Pour des raisons de simplicité, de masse et d'encombrement le dispositif articulé doit être placé au voisinage immédiat du réflecteur. Comme visible sur la figure 2, les trois articulations 6, 7, 8, dans la position du dispositif articulé tendu, ont leurs axes de rotation 6A, 7A, 8A dans un même plan passant tous les trois par le centre virtuel de rotation. Les axes de rotation de deux articulations successives ne sont pas parallèles et ont un angle entre eux. Quels que soient les angles de rotation de chacune des articulations, leurs axes conservent une intersection commune au centre virtuel de rotation. En conséquence, la partie terminale 11 de fixation du réflecteur d'antenne possède trois degrés de liberté en rotation par rapport au centre virtuel de rotation, point focal du réflecteur d'antenne.

20 Il existe deux manières d'assurer le pointage du faisceau radio-électrique d'une antenne de satellite avec les deux premières articulations 6, 7 telles que décrites précédemment. Une première manière représentée en figure 3a consiste à centrer la première

articulation 6 et plus particulièrement son axe de rotation 6A sur la direction moyenne de pointage correspondant à un point central d'un plan définissant sensiblement une dimension de l'espace de balayage du dispositif articulé selon l'invention. Cette première solution conduit à un mécanisme plus compact, plus léger, plus précis mais où les articulations doivent avoir une capacité de rotation de 360° et où le point central est un point singulier et où les vitesses sont limitées. La deuxième solution représentée en figure 3b consiste à placer la première articulation 6 à l'extérieur du domaine à couvrir. Cette solution conduit à des principes mécaniques plus simples, n'a pas de point singulier à l'intérieur de la zone de couverture mais est moins performante en terme de masse et d'encombrement. Cependant, on choisira cette dernière solution dans le cas où les vitesses de déplacement des articulations dans la zone de couverture sont nécessairement importantes.

Dans le cas d'une réalisation simple du dispositif selon l'invention, les angles séparant les axes 6A, 7A de la première 6 et la seconde 7 articulations et les axes 7A, 8A de la seconde 7 et la troisième 8 articulations peuvent être identiques. Dans ce cas, si chacune des articulations a une capacité de rotation de 360° et que la première articulation 6 est centrée sur la direction moyenne de pointage à l'intérieur de la zone de couverture (figure 3a), la partie terminale 11 peut être pointée dans toutes directions passant par le centre virtuel de rotation à l'intérieur d'un cône de demi angle un angle double de l'angle entre deux articulations consécutives et d'axe moyen l'axe 6A de la première articulation 6.

Dans le cas où on envisage des articulations pouvant pivoter librement sur 360°, il est préférable de concevoir des articulations d'épaisseur réduite. La

figure 4 représente le dispositif articulé selon l'invention avec des articulations de faible épaisseur. Dans cette conception, les bras articulés 9, 10 sont coudés sensiblement en leur milieu et sont montés à pivotement à leurs extrémités, superposés l'un sur l'autre, pour pouvoir pivoter librement de 360°. On peut prévoir pour ce type d'articulation des roulements annulaires à contact oblique montés en "O" ou des roulements annulaires à quatre points de contact, équipés d'un moteur électrique annulaire (non représenté) pour déplacer angulairement les bras 9, 10. En position repliée du dispositif articulé, le second bras 10 est superposé au premier bras 9 tandis que le réflecteur 2 est superposé au second bras 10. Les bras 9 et 10 sont conformés de sorte à être parallèles sur toute leur longueur en position repliée du dispositif articulé.

Pour réaliser le pointage du faisceau radio-électrique émis par la source 20, on utilise de façon courante seulement les deux premières articulations 6, 7, la troisième articulation 8 étant utilisée pour maintenir le réflecteur d'antenne 2 dans le faisceau de la source. On désigne par ω_1 l'angle de rotation de l'articulation 6, ω_2 l'angle de rotation de l'articulation 7 et ω_3 l'angle rotation de l'articulation 8, ω_1 , ω_2 et ω_3 étant égaux à zéro lorsque le dispositif articulé est tendu. Lorsque les angles séparant respectivement les axes de deux articulations consécutives sont identiques, on désigne par α cet angle et par θ et φ les angles de pointage du faisceau radio-électrique comme visible sur la figure 5, θ et φ sont les deux angles de pointage de l'antenne dans le repère satellite 1 que doit procurer le mécanisme selon l'invention pour pointer le faisceau dans une direction donnée. Plus particulièrement, θ est l'angle de pointage du faisceau autour de l'axe

OY de l'antenne et φ est l'angle de pointage du faisceau autour de l'axe OX de l'antenne, les axes OX, OY de repère étant définis par rapport au satellite 1. Il découle des différentes relations géométriques entre ces différents angles les relations approchées suivantes :

$$\theta = \alpha (\cos \omega_1 + \cos (\omega_1 + \omega_2))$$

$$\varphi = \alpha (\sin \omega_1 + \sin (\omega_1 + \omega_2))$$

les projections dues à l'angle de construction α étant négligées.

Les angles ω_1 et ω_2 , peuvent être déterminés facilement par un calculateur en fournissant à celui-ci les paramètres θ et φ par exemple. On utilise ensuite les angles ω_1 et ω_2 pour commander une électronique positionnant les deux premières articulations 6, 7 qui peuvent être équipées d'un moteur pas-à-pas pour obtenir un pointage donné.

De façon préférentielle, la troisième articulation 8 conserve la direction du grand axe du réflecteur d'antenne 2 la plus constante possible pendant le positionnement du satellite 1. Cette articulation peut être passive, sans motorisation, sa rotation étant définie et conditionnée par les rotations des deux premières articulations 6, 7 grâce à un système de coordination des articulations. Dans le cas d'un mécanisme de pointage d'antenne, le positionnement des différentes articulations 6, 7, 8 se réalise de la façon suivante :

- on positionne les deux premières articulations 6, 7 selon des angles de rotation respectif ω_1 , ω_2 déterminés par un calculateur par exemple pour obtenir un pointage dans une direction donnée,

- on positionne la troisième articulation 8 selon un angle ω_3 égal et opposé à l'angle de rotation ω_1 de la première articulation 6.

On peut réaliser simplement ce système de coordination des articulations en installant sur le dispositif articulé selon la présente invention dans lequel les axes 6_A , 7_A , 8_A sont représentés parallèles comme visible en figure 6, une première poulie 21 montée à rotation sur le premier axe de rotation 6_A et solidaire du premier bras 9, une seconde et une troisième poulies 24 montées à rotation sur le second axe de rotation 7_A et solidaires entre elles pouvant constituer une poulie double, et une quatrième poulie 27 montée à rotation sur le troisième axe de rotation 8_A et solidaire de la partie terminale 11, lesdites poulies étant reliées deux-à-deux par deux câbles non croisés assurant leur coordination, c'est à dire que la poulie 21 est reliée à la poulie double 24 par une première courroie 22 et la poulie double 24 est reliée à la poulie 27 par une seconde courroie 25. Dans le cas où les axes 6_A , 7_A , 8_A , forment entre eux un angle dépendant de la plage de pointage du mécanisme, par exemple 5° pour un mécanisme qui aurait une plage de pointage totale de 10° , à angles inter-axes identiques, les boucles de courroies 22, 25 ne sont pas planes. Pour palier ce problème, on utilise deux paires de poulies secondaires 23, 26, chaque poulie secondaire étant positionnée sur le brin de courroie correspondant aux brins formés par la paire de courroies 22, 25, de façon à corriger par appuie sur le brin de courroie respectif, de préférence sensiblement au milieu de la longueur de la courroie, la planéité des boucles de courroies.

La rotation de la troisième articulation 8 en coordination avec les deux premières 6, 7 permet de régler la direction de polarisation de l'antenne quand le réflecteur 2 est polarisé (réflecteur à grille), et de placer le réflecteur 2 de manière à intercepter un maximum d'énergie venant de la ou des sources 20 et

d'atteindre des directions de pointage "hors zone". Dans ces cas de lois de coordination complexes, une électronique reliée au calculateur est nécessaire pour assurer la commande et la coordination.

5 Bien évidemment, d'autres mécanismes de conjugaison peuvent être utilisés à la place des poulies et des courroies comme par exemple des couples d'engrenages coniques et d'arbres de torsion.

10 Le dispositif d'articulation selon l'invention est particulièrement intéressant pour des pointages de faisceaux radio-électriques d'amplitude comprise entre 5° et 20° et/ou pour des modes de recherche en spirale.

15 Dans le cas de satellites de relais de données, à antennes paraboliques, il est préférable d'utiliser trois unités de motorisation identiques et indépendantes pour chaque articulation, plutôt qu'une solution à conjugaison mécanique. Grâce aux unités de motorisation, on obtient une conjugaison exacte, une
20 meilleure modularité et un développement fractionné du dispositif articulé.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et réalisés et on prévoit d'autres modes de réalisation de l'invention, sans pour cela
25 sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1) Dispositif articulé comprenant au moins trois articulations (6, 7, 8) à rotation autour d'un axe respectivement (6A, 7A, 8A), reliées deux-à-deux par des bras (9, 10), caractérisé en ce que lesdits axes de rotation (6A, 7A, 8A) sont concourants en un centre virtuel de rotation (X) éloigné.

2) Dispositif articulé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les angles séparant les axes (6A, 7A) de la première (6) et la seconde (7) articulations et les axes (7A, 8A) de la seconde (7) et la troisième (8) articulations sont identiques.

3) Dispositif articulé selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdits bras (9, 10) sont coudés sensiblement en leur milieu et sont montés à pivotement à leur extrémité pour pouvoir pivoter de 360°.

4) Satellite de télécommunication, notamment de relais de données ou analogue, possédant au moins un réflecteur parabolique (2), caractérisé en ce qu'il est équipé d'un dispositif articulé selon l'une quelconque des revendications précédentes et en ce que lesdits axes de rotation sont sécants au point focal du paraboloïde dudit réflecteur.

5) Satellite selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif articulé comprend en outre :

- une première poulie montée à rotation sur l'axe (6A) de la première articulation (6) et solidaire du premier bras (9),

- une seconde et une troisième poulies montées à rotation sur l'axe (7A) de la seconde articulation (7) et solidaires entre elles,

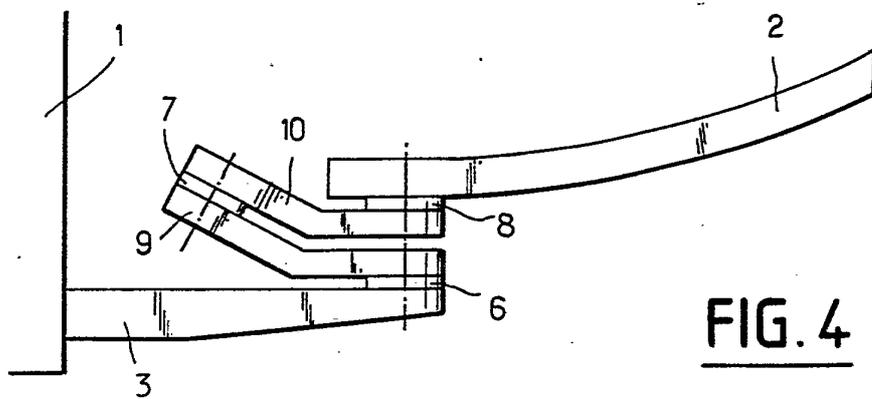
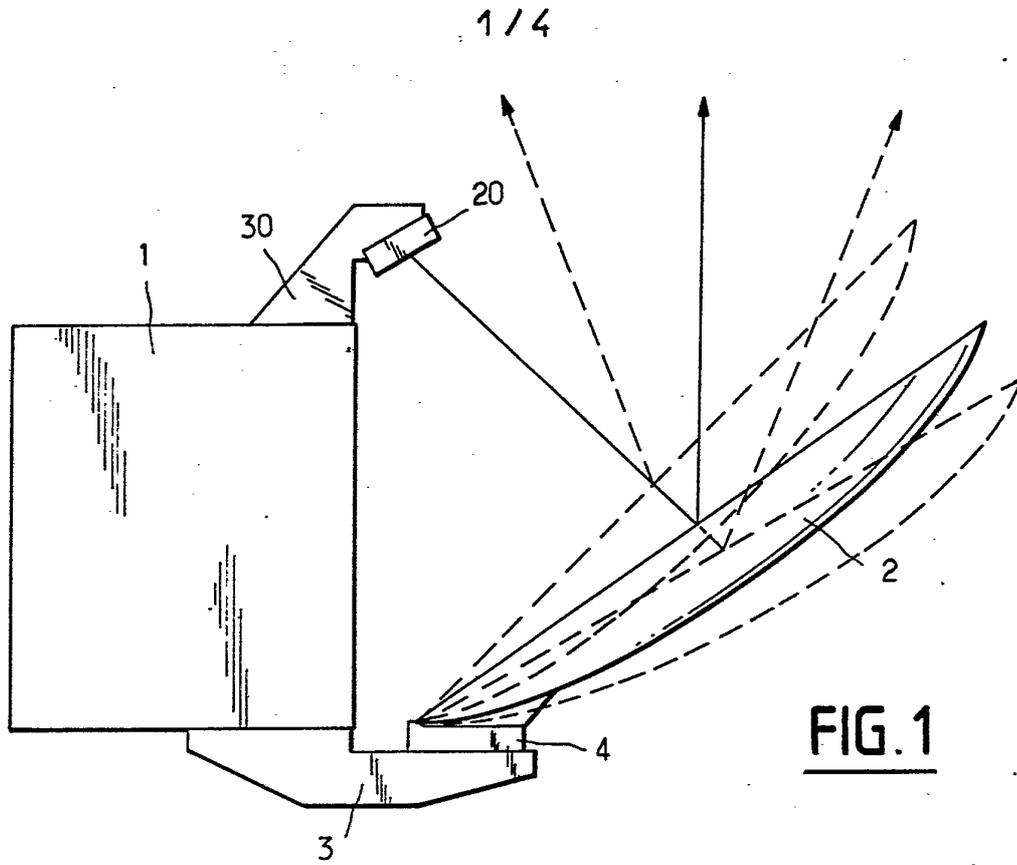
- une quatrième poulie montée à rotation sur l'axe (8A) de la troisième articulation (8) et solidaire de la partie terminale (11),

Lesdites poulies étant reliées deux-à-deux par deux câbles non croisés assurant leur coordination.

6) Procédé de pointage d'antenne selon les revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que :

5 - on positionne les deux premières articulations (6, 7) selon des angles de rotation respectifs (ω_1 , ω_2) pour obtenir un pointage dans une direction donnée,

10 - on positionne la troisième articulation (8) selon un angle de rotation (ω_3) égal et opposé à l'angle de rotation (ω_1) de la première articulation (6).



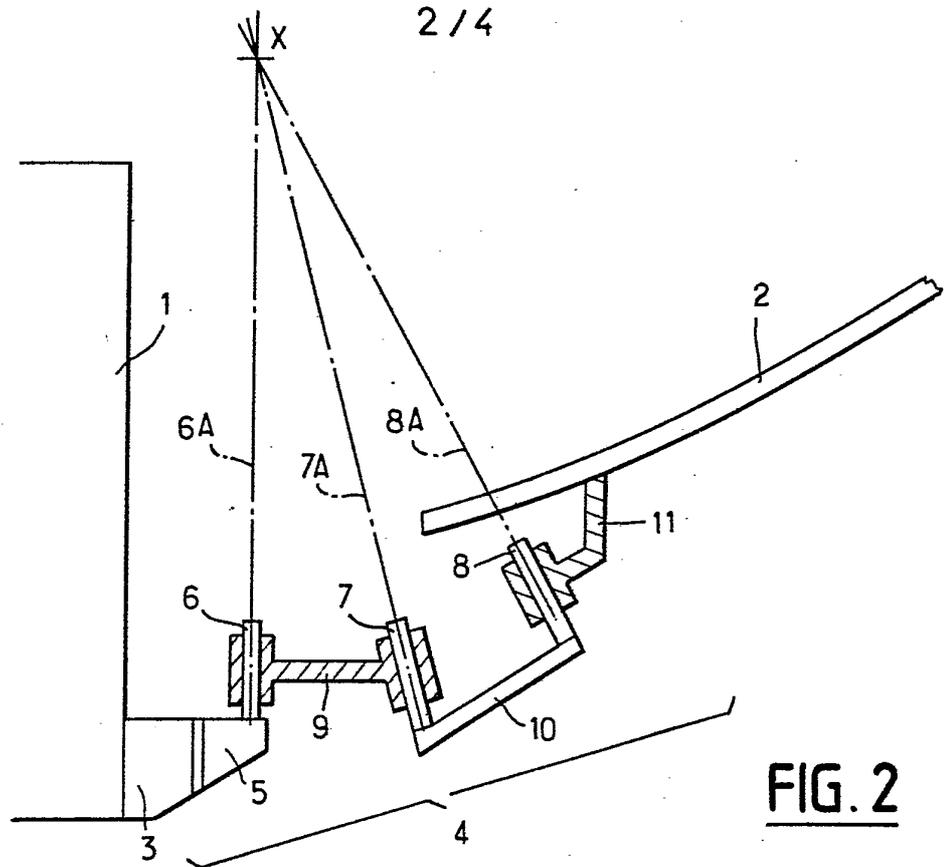


FIG. 2

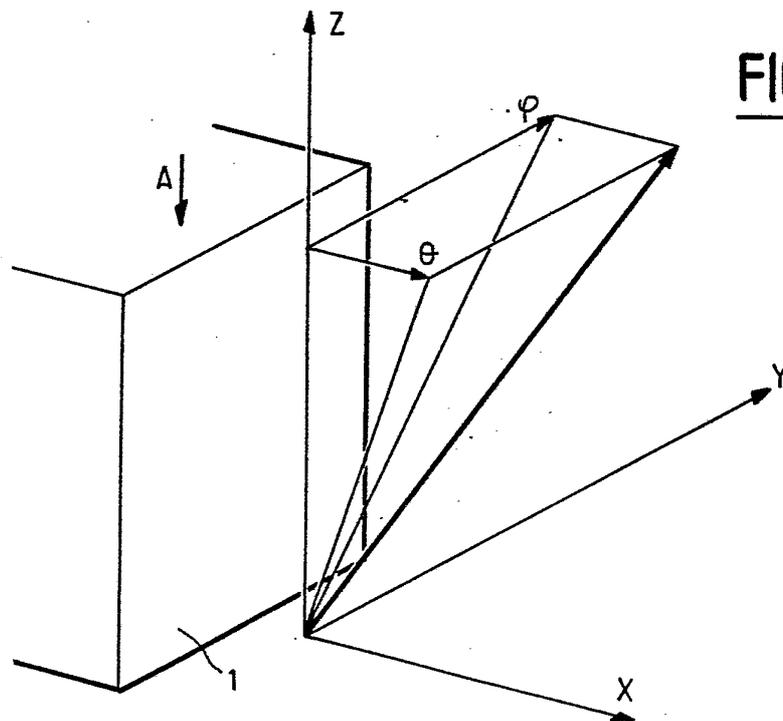


FIG. 5

3 / 4

FIG. 3b

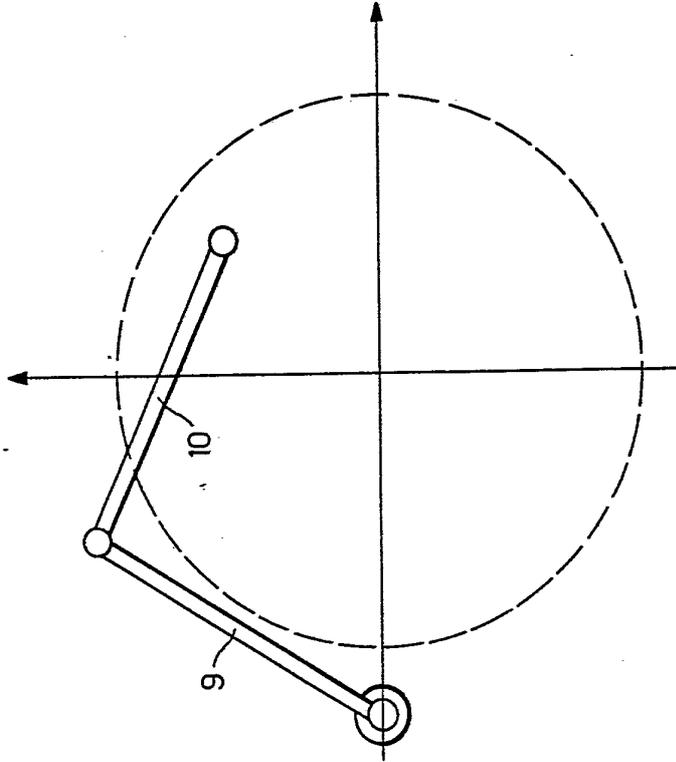
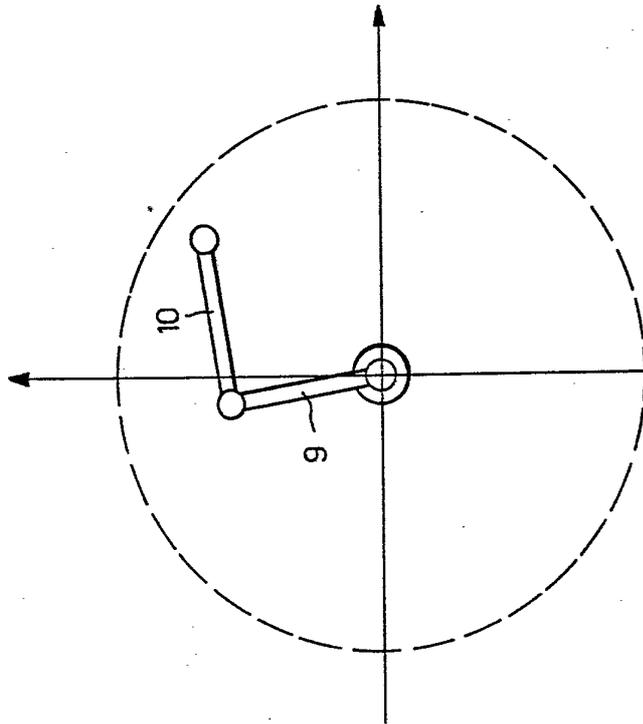


FIG. 3a



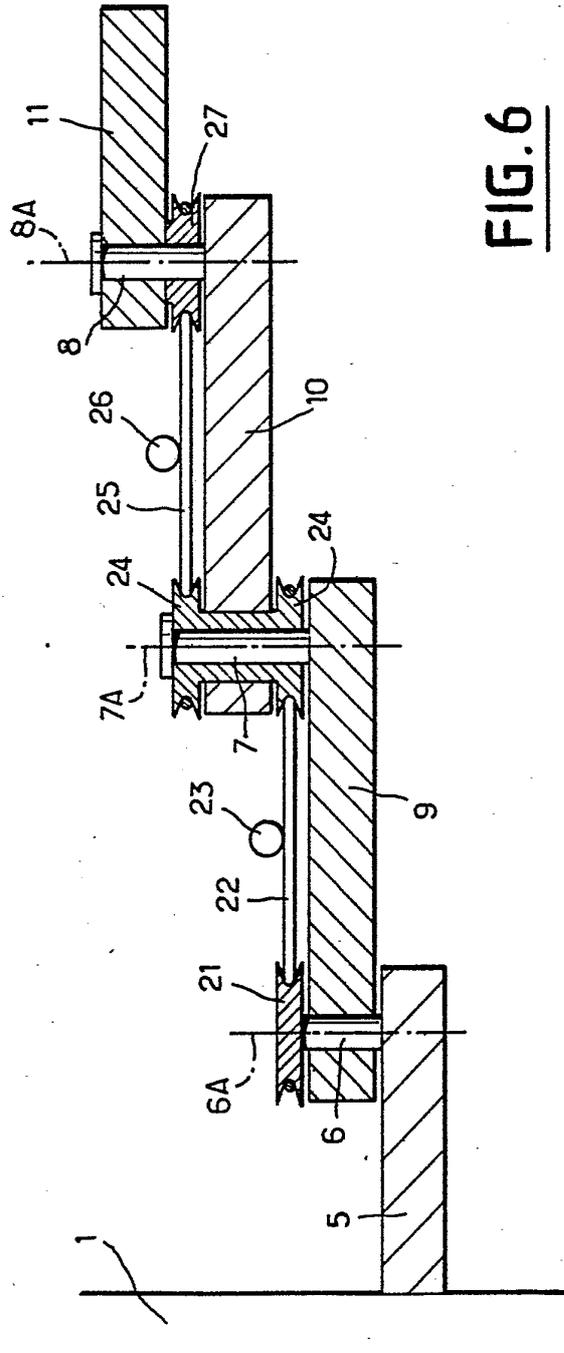


FIG. 6