



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **92400244.7**

(51) Int. Cl.⁵ : **H01Q 3/02**

(22) Date de dépôt : **30.01.92**

(30) Priorité : **08.02.91 FR 9101438**

(43) Date de publication de la demande :
12.08.92 Bulletin 92/33

(84) Etats contractants désignés :
DE GB IT

(71) Demandeur : **AGENCE SPATIALE
EUROPEENNE**
Organisation Intergouvernementale, 8-10, rue
Mario Nikis
F-75738 Paris Cedex 15 (FR)

(72) Inventeur : **Labruyère, Gilles**
Jan Steenlaan 24
Oegstgeest (NL)

(74) Mandataire : **Rodhain, Claude et al**
Cabinet Claude Rodhain 30, rue la Boétie
F-75008 Paris (FR)

(54) **Mécanisme de pointage d'une charge utile, notamment d'une antenne de satellite.**

- (57) Ce dispositif (18) comporte :
- une première couronne de liaison (20) reliée à la charge utile ;
 - une seconde couronne de liaison (22) reliée à la structure ;
 - une paire de roulements annulaires (38, 40) pour le guidage en rotation de la première couronne de liaison (20) par rapport à la seconde couronne de liaison (22) ;
 - un moteur annulaire (58) dont le stator (60) est fixé à l'une (22) des deux couronnes de liaison et dont le rotor (62) entraîne l'autre couronne de liaison (20) en rotation par l'intermédiaire d'un réducteur ; et
 - un réducteur du type à train épicycloïdal différentiel agencé à l'intérieur de la paire de roulements annulaires (38, 40).

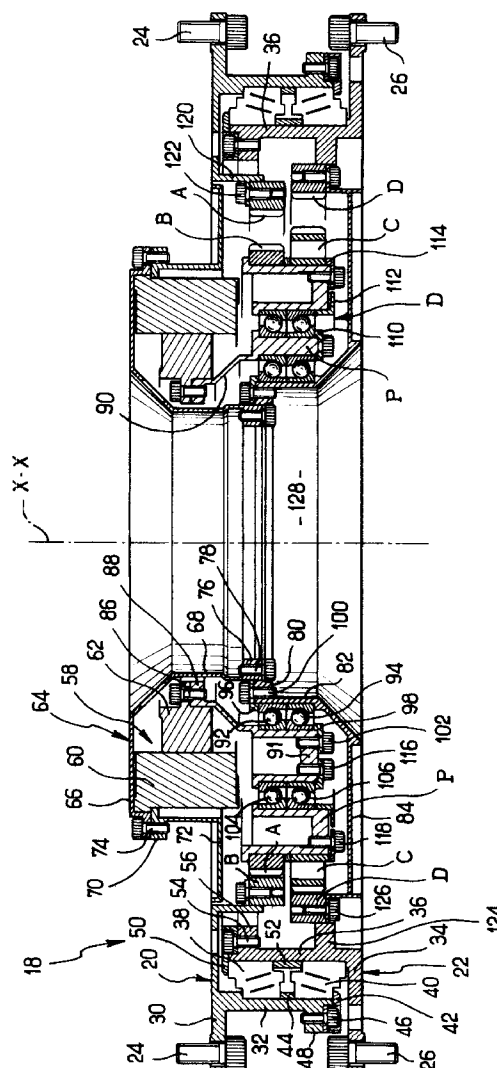


FIG. 2

La présente invention concerne un dispositif assurant simultanément l'entraînement en rotation d'une charge utile par rapport à une structure et le support de cette charge (donc son guidage en rotation).

L'invention concerne un tel dispositif, également appelé « table d'entraînement en rotation », qui puisse être utilisé dans diverses applications, notamment dans un mécanisme de pointage d'antenne de satellite.

Dans ce type d'application, on peut notamment orienter le faisceau par une rotation du réflecteur parabolique autour de son point focal.

À cet effet, on procédait jusqu'à présent soit en reliant le réflecteur à une structure en cardan autour du point focal par un bras et en motorisant le cardan par une unité de motorisation, soit en utilisant le concept développé dans le FR-A-2 646 023 au nom de la Demanderesse.

Dans l'un ou l'autre cas, les unités de motorisation doivent présenter une très grande rigidité, une résolution angulaire élevée, un encombrement réduit et un couple d'entraînement important.

Mais il n'existait pas jusqu'à présent de mécanisme présentant l'ensemble de ces qualités et capable d'entraîner une charge de grande inertie (typiquement de l'ordre de 200 kg.m²) avec une fréquence propre suffisante.

Ces difficultés se présentent également dans nombre d'autres applications, telles que le pointage d'un télescope ou la motorisation de bras de robots.

L'invention a pour but de proposer un dispositif de support et d'entraînement qui réponde à ces diverses exigences, et qui puisse être utilisé non seulement dans les applications que l'on vient de citer, mais également dans tous les domaines où les qualités précitées se révèlent avantageuses.

A cet effet, l'invention propose un dispositif de support et d'entraînement en rotation d'une charge utile par rapport à une structure, caractérisé en ce qu'il comporte :

- une première couronne de liaison reliée à la charge utile ;
- une seconde couronne de liaison reliée à la structure ;
- une paire de roulements annulaires pour le guidage en rotation de la première couronne de liaison par rapport à la seconde couronne de liaison ;
- un moteur annulaire dont le stator est fixé à l'une des deux couronnes de liaison et dont le rotor entraîne l'autre couronne de liaison en rotation par l'intermédiaire d'un réducteur; et
- un réducteur du type à train épicycloïdal différentiel agencé à l'intérieur de la paire de roulements annulaires.

Selon d'autres aspects caractéristiques de l'invention :

– le rotor du moteur est relié au porte-satellites du réducteur qui porte et entraîne en rotation les deux roues internes du réducteur dont chacune engrène respectivement avec l'une des deux roues externes du réducteur dont chacune est liée en rotation respectivement à la première et à la seconde couronnes de liaison ;

– les roues internes et externes ainsi que le porte-satellites du réducteur sont agencés dans l'espace central intérieur délimité radialement et axialement par les bagues intérieures des deux roulements annulaires ;

– le moteur d'entraînement annulaire est agencé à l'extérieur dudit espace et est décalé axialement par rapport au réducteur ;

– le porte-satellites présente une forme générale sensiblement annulaire de manière à ménager au centre du dispositif un passage central libre autour de l'axe de rotation du dispositif;

– la paire de roulements annulaires est constituée de deux roulements à rouleaux coniques montés en opposition en « O » ;

– il est incorporé dans un véhicule spatial tel qu'un lanceur, un satellite, une station orbitale ou une navette spatiale ;

– il est utilisé pour orienter un mécanisme comportant un ensemble de senseurs, tel qu'un télescope ;

– il est utilisé pour l'entraînement en rotation d'un organe d'un robot ou d'un automate.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

– la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif de pointage d'antenne de satellite incorporant un ou plusieurs dispositifs de support et d'entraînement en rotation réalisés conformément aux enseignements de l'invention ;

– la figure 2 est vue en section axiale d'un mode de réalisation préféré du dispositif de support et d'entraînement en rotation selon l'invention ; et

– la figure 3 est un schéma illustrant le principe de fonctionnement du réducteur à train épicycloïdal différentiel intégré au dispositif de support et d'entraînement en rotation.

On a représenté à la figure 1 un dispositif de pointage d'antenne du type de celui décrit et représenté dans le FR-A-2 646 023 précité, auquel on pourra avantageusement se reporter pour en connaître les détails de structure et du mode de fonctionnement.

On y reconnaît pour l'essentiel un réflecteur d'antenne 10 monté mobile par rapport à la structure 12 d'un vaisseau spatial ou d'un satellite à l'aide de deux bras articulés 14 et 16 et qui sont eux mêmes articulés l'un par rapport à l'autre. Les trois articulations sont chacune assurée et motorisée à l'aide d'un

dispositif de support et d'entraînement en rotation 18.

Chacun de ces dispositifs de support et d'entraînement, également appelé « table d'entraînement en rotation » peut être réalisé conformément aux enseignements de l'invention.

En se reportant à la figure 2, on reconnaît un dispositif 18 pour l'entraînement en rotation ; autour d'un axe en rotation X-X, d'un premier organe (non représenté) fixé à une première couronne annulaire de liaison 20, par rapport à un second organe (non représenté) fixé à une seconde couronne annulaire de liaison 22.

La première couronne 20 est par exemple reliée à une charge utile que l'on désire entraîner en rotation par rapport à la structure d'un satellite à laquelle est reliée la seconde couronne de liaison 22. Ces liaisons sont par exemple assurées par deux séries de vis, 24 et 26 respectivement, réparties à la périphérie des couronnes 20 et 22.

La première couronne 20 comporte une plaque annulaire 30 qui se prolonge axialement en direction de la seconde couronne de liaison 22 par une virole cylindrique extérieure 32.

De la même manière, la seconde couronne 22 comporte une plaque annulaire 34 prolongée axialement par une virole cylindrique intérieure 36.

Les deux viroles 32 et 36 sont coaxiales, d'axe commun X-X et servent au guidage en rotation de la première couronne 20 par rapport à la seconde couronne 22.

A cet effet, le dispositif 18 comporte une paire de roulements annulaires à rouleaux coniques 38 et 40 montés en « O » (*back-to-back*), c'est-à-dire montés en opposition, les sommets des cônes constitués par les droites d'action des éléments roulants, perpendiculaires aux surfaces en contact, étant tournés l'un opposé à l'autre.

Les bagues extérieures des deux roulements 38 et 40 sont montées serrées dans la virole cylindrique 32 à l'aide d'une plaque de serrage 42 et avec interposition d'une entretoise 44. La plaque 42 est serrée à l'aide de vis 46 vissées dans un prolongement radial extérieur 48 de la virole 32.

D'une manière symétrique, les bagues intérieures des roulements sont montées serrées à l'aide d'une plaque de serrage 50, d'une entretoise 52 et de vis 54 vissées dans un prolongement radial intérieur 56 de la virole intérieure 36.

Le montage des roulements confère à l'ensemble une très grande rigidité en flexion.

Grâce à leur géométrie, le comportement des roulements à rouleaux coniques réduit les frottements par rapport à des roulements à bille de même capacité et à précharges axiales égales.

Le montage et le serrage des bagues permet de contrôler de manière très précise la précharge axiale des roulements.

Pour les applications où la contamination est cri-

tique, il est prévu une lubrification dite « sèche » des roulements, par exemple à l'aide d'un composé connu à base de bisulfure de molybdène. Pour les autres applications, une lubrification dite « humide » est possible.

L'entraînement en rotation de la première couronne 20 par rapport à la seconde couronne est assurée au moyen d'un moteur électrique annulaire 58.

Le moteur 58 comporte un stator cylindrique annulaire 60 et un rotor annulaire cylindrique 62 qui sont coaxiaux d'axe commun X-X.

Le stator 60 est fixé à une pièce support 64. Le support 64 est une pièce de révolution comportant une partie en forme de plaque annulaire 66 qui se prolonge axialement par une portion cylindrique 68.

Le stator 60 est monté serré axialement contre la face interne de la plaque 66 au moyen d'un épaulement 70 d'une plaque annulaire de protection 72 et par des vis de fixation 74.

La partie axiale d'extrémité 76 de la portion cylindrique 68 fixée par des vis 78 à la partie axiale d'extrémité 80 d'une portion cylindrique 82 qui prolonge la partie en forme de plaque annulaire radiale intérieure 84 de la seconde pièce de liaison 22.

Le stator 60 est ainsi fixé et lié en rotation à la seconde couronne de liaison 22. Il est disposé axialement à l'opposé de la seconde couronne de liaison 22 et s'étend axialement au delà du plan radial dans lequel s'étend la plaque 50 de la première couronne de liaison 18.

Le rotor 62 est fixé à l'aide de vis 86 reçues dans un épaulement radial interne 88 formé à l'extrémité axiale d'un prolongement 90 du porte-satellites d'un réducteur dont la structure sera décrite plus loin.

On notera à ce propos que, bien que dans le mode de réalisation illustré le moteur d'entraînement annulaire 58 soit décalé axialement par rapport au réducteur, cette caractéristique n'est pas nécessaire et dépend en fait des contraintes de conception, notamment de la taille maximum allouée à la table. Ainsi, dans le cas d'une table de grand diamètre, on pourrait placer le moteur à l'intérieur du réducteur, dans l'épaisseur de la table, ce qui permettrait de simplifier l'agencement général du dispositif.

Le moteur 58 est un moteur annulaire pas à pas. La commande pas à pas peut se faire par micropas, d'une part pour accroître la résolution angulaire du dispositif, d'autre part pour réduire l'intensité des pics d'accélération inhérents au fonctionnement des moteurs pas à pas.

Le moteur est par exemple du modèle 53 PP commercialisé par la société SAGEM et comportant 1200 pas par tour.

Le réducteur de vitesse est un réducteur épicycloïdal du type différentiel dont le principe de conception est illustré schématiquement à la figure 3.

Le différentiel D est constitué d'un porte-satellites ou excentrique P qui est monté tournant autour de son

axe X-X par rapport à un support fixe F.

Le porte-satellites P porte deux roues dentées internes B et C qui sont donc entraînées en rotation par le porte-satellites avec excentration par rapport à l'axe X-X. Les roues B et C sont liées. Elles sont montées tournantes autour de leur axe sur le porte-satellites P.

La première roue interne B engrène une première roue externe A montée tournante autour de l'axe X-X du réducteur.

La seconde roue interne D engrène une seconde roue externe D d'axe X-X, mais fixe en rotation par rapport au support F.

Si on appelle ZA, ZB, ZC et ZD le nombre des dents des roues A, B, C et D, et en considérant le mode d'utilisation illustré dans lequel la vitesse de rotation ΩD de la roue externe D est nulle, alors le rapport entre les vitesses de rotation ΩP du porte-satellites et ΩA de la première roue externe A est tel que :

$$\frac{\Omega P}{\Omega A} = \frac{1}{1 - \frac{ZD \times ZB}{ZC \times ZA}}.$$

De manière à ne pas avoir d'interférences géométriques entre les dents des roues on choisit:

$$ZD - ZC \geq N_{\min}, \text{ et}$$

$$ZA - ZB \geq N_{\min}.$$

Pour une denture normale (angle de pression de 20°) et pour des nombres de dents supérieurs à 100, on a $N_{\min} = 8$.

L'excentrement e du porte-satellites est donné par les relations :

$$e = \frac{(ZD - ZC) \times \text{module roue D}}{2},$$

et

$$e = \frac{(ZA - ZB) \times \text{module roue A}}{2}.$$

En se reportant à nouveau à la figure 2 sur laquelle on a désigné les composants du différentiel D par les mêmes signes de référence, on constate que l'ensemble du différentiel est disposé à l'intérieur de l'espace cylindrique délimité radialement par la virole intérieure 36 et axialement par la hauteur, ou épaisseur axiale, de l'empilage axial des deux roulements à rouleaux coniques 38 et 40.

Le différentiel D est donc disposé « à l'intérieur » des roulements annulaires 38 et 40 au sens de l'invention.

Cet encombrement très réduit est obtenu grâce au montage que l'on va maintenant expliciter.

Le corps central 91 du porte-satellites P est monté tournant sur le prolongement cylindrique 82 de la seconde plaque de liaison 22 à l'aide de deux roulements à billes à pistes inclinées 92 et 94. Les bagues des roulements 92 et 94 sont immobilisées axialement par les plaques de serrage 96 et 98 serrées par les vis 100 et 102.

Les deux roues internes B et C sont montées tournantes sur le corps central 91 du porte-satellites par

une paire de roulements à billes à pistes inclinées 104 et 106 qui portent une douille annulaire 108 qui reçoit les roues B et C.

Les roulements 104 et 106 sont serrés par des plaques 110 et 112 et les roues B et C sont serrées axialement par une plaque 114. Des vis 116 et 118 servent au serrage.

La première roue externe A est fixée à la première couronne de liaison 18 qui comporte à cet effet une deuxième virole cylindrique 120 sur laquelle est vissée la roue A à l'aide de vis 122.

La seconde roue externe D est fixée sur un épaulement radial interne 124 de la virole 36 à l'aide de vis 126.

L'ensemble du réducteur est ainsi logé à l'intérieur des roulements 38 et 40 et un trou ou orifice cylindrique 128 est laissé libre au centre du dispositif 18, ce trou central étant coaxial à l'axe X-X.

Selon un autre aspect de l'invention qui n'est pas illustré sur les figures, il est prévu des moyens pour la mesure de l'angle de rotation.

Une telle mesure est en effet nécessaire pour vérifier et caler la position de référence, vérifier périodiquement la linéarité du mouvement de rotation et l'absence de sauts de pas, ainsi que pour obtenir une information complémentaire et redondante de celle fournie par le compteur de pas du moteur 58.

Il est proposé d'utiliser des capteurs de proximité accouplés par paires, c'est-à-dire deux paires associées au moteur et deux paires associées aux couronnes de liaison.

Il est également possible d'utiliser des capteurs absolus à faible résolution (0,1°), optiques ou électromagnétiques.

Il est également souhaitable d'équiper la table d'entraînement de capteurs thermiques pour mesurer les différentes températures et les gradients thermiques lors de phases de démarrage.

Les principales caractéristiques dimensionnelles du dispositif de l'invention sont, à titre d'exemple, un diamètre hors-tout de 300 mm et une hauteur axiale de 45 mm hors moteur.

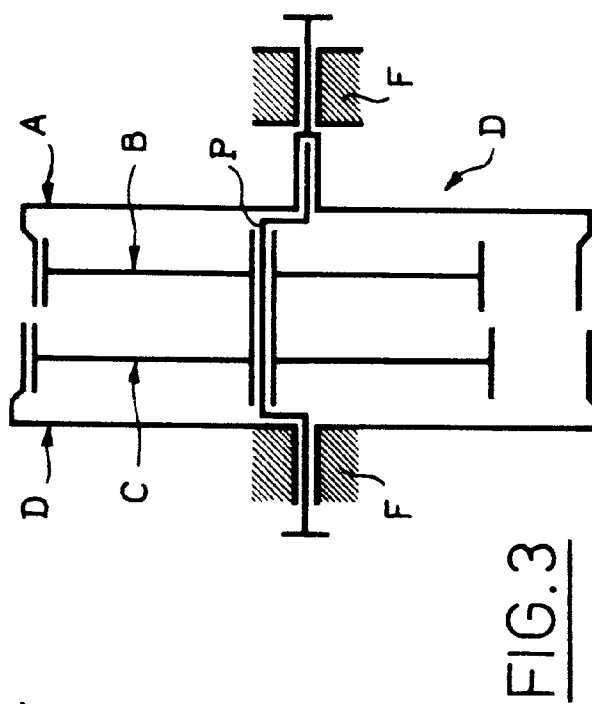
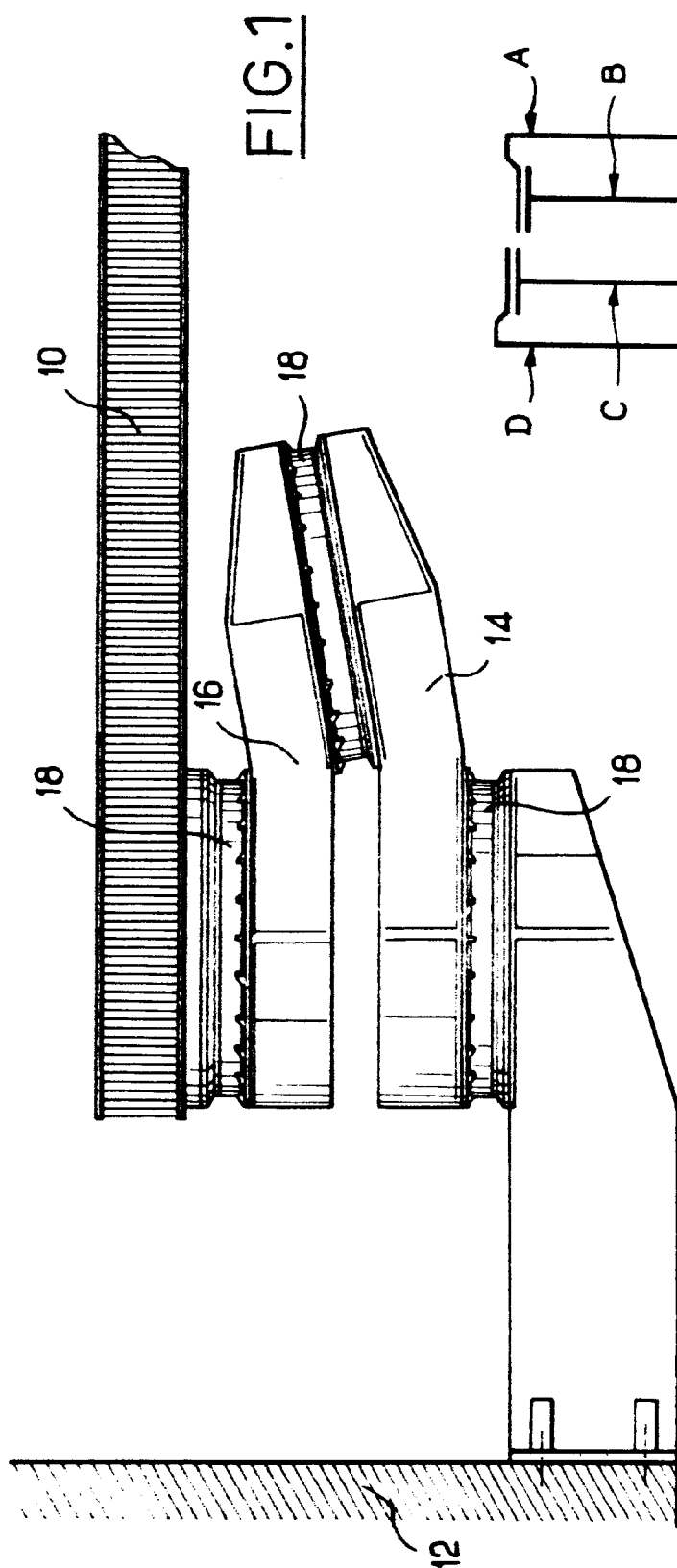
La table est très rigide et peut entraîner des charges utiles dont l'inertie est supérieure à 200 kg.m², sans nécessiter aucun autre point de fixation.

La résolution angulaire est meilleure que 0,001°, et le couple transmis est supérieur à 100 N.m.

Revendications

- Dispositif de support et d'entraînement de support et d'entraînement en rotation (18) d'une charge utile par rapport à une structure, caractérisé en ce qu'il comporte :
 - une première couronne de liaison (20) reliée à la charge utile ;
 - une seconde couronne de liaison (22) reliée

- à la structure ;
- une paire de roulements annulaires (38, 40) pour le guidage en rotation de la première couronne de liaison (20) par rapport à la seconde couronne de liaison (22) ;
 - un moteur annulaire (58) dont le stator (60) est fixé à l'une (22) des deux couronnes de liaison et dont le rotor (62) entraîne l'autre couronne de liaison (20) en rotation par l'intermédiaire d'un réducteur; et
 - un réducteur du type à train épicycloïdal différentiel (D) agencé à l'intérieur de la paire de roulements annulaires (38, 40).
2. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le rotor (62) du moteur (58) est relié au porte-satellites (P, 91) du réducteur qui porte et entraîne en rotation les deux roues internes (B, C) du réducteur dont chacune engrène respectivement avec l'une des deux roues externes (A, D) du réducteur dont chacune est liée en rotation respectivement à la première (20) et à la seconde (22) couronne de liaison.
3. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon la revendication 2, caractérisé en ce que les roues internes (B, C) et externes (A, D) ainsi que le porte-satellites (P) du réducteur sont agencés dans l'espace central intérieur délimité radialement et axialement par les bagues intérieures des deux roulements annulaires.
4. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon la revendication 3, caractérisé en ce que le moteur d'entraînement annulaire (58) est agencé à l'extérieur dudit espace et est décalé axialement par rapport au réducteur.
5. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que le porte-satellites présente une forme générale sensiblement annulaire de manière à ménager au centre du dispositif un passage central (128) libre autour de l'axe de rotation (X-X) du dispositif (18).
6. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la paire de roulements annulaires est constituée de deux roulements (38, 40) à rouleaux coniques montés en opposition en « O ».
7. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est incorporé dans un véhicule spatial tel qu'un lanceur, un satellite, une station orbitale ou une navette spatiale.
8. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il est utilisé pour orienter un mécanisme comportant un ensemble de senseurs, tel qu'un télescope.
9. Dispositif de support et d'entraînement en rotation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est utilisé pour l'entraînement en rotation d'un organe d'un robot ou d'un automate.



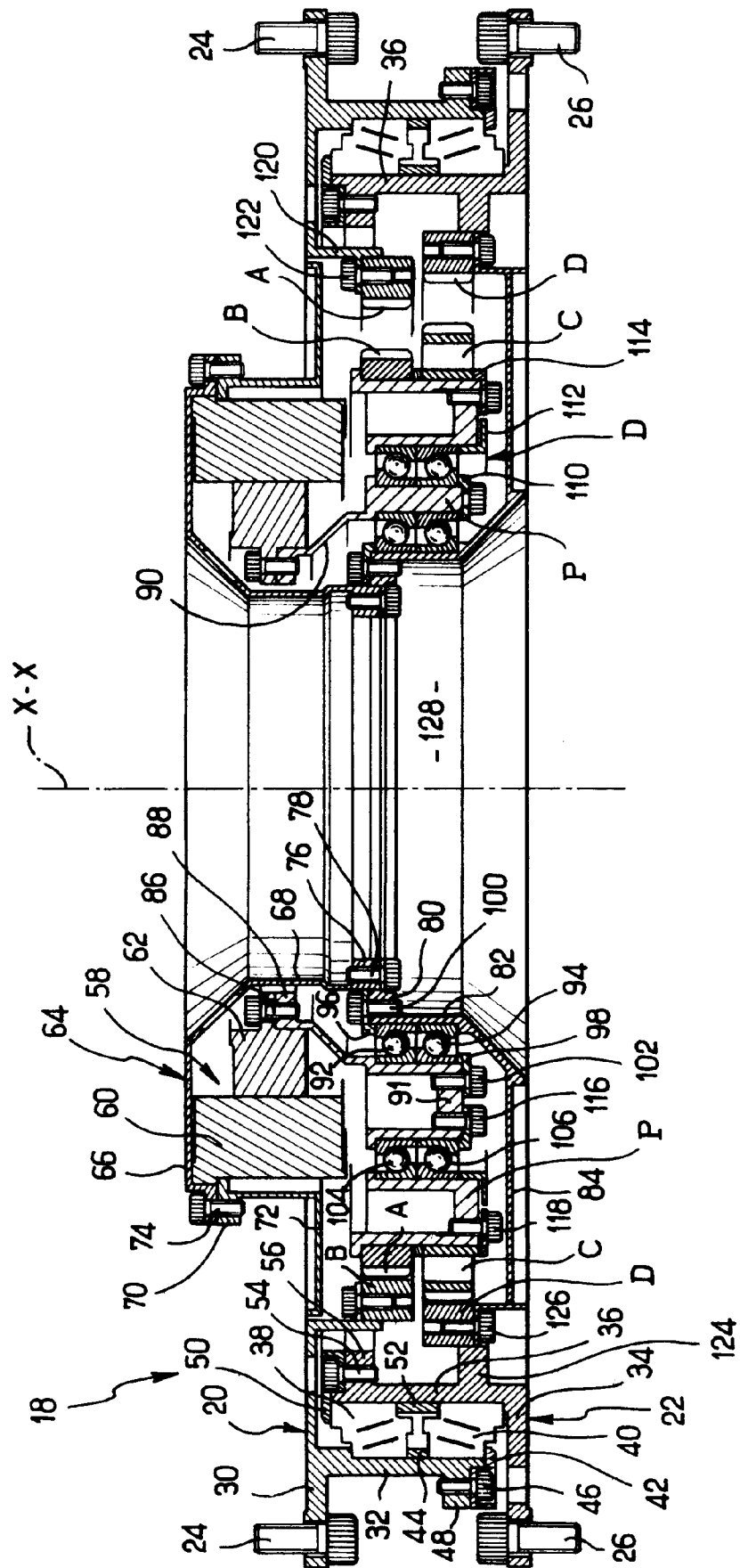


FIG. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 0244

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	FR-A-2 588 049 (S.N.E.C.M.A) * abrégé; figure 6 * * page 10, ligne 12 - ligne 32 * * page 13, ligne 29 - ligne 35 * ---	1,7-9	H01Q3/02
A	US-A-3 861 243 (FLEISCHER ET AL.) * abrégé; figures 1,2 * * colonne 2, ligne 21 - ligne 62 * * colonne 3, ligne 17 - ligne 21 * ---	1-5	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 94 (E-171)(1239) 20 Avril 1983 & JP-A-58 019 005 (NIPPON DENKI K.K.) 3 Février 1983 * abrégé * ---	1	
A	EP-A-0 077 490 (ADVANCED ENERGY CONCEPTS ,81 LTD) * le document en entier * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01Q F16H
Lieu de la recherche BERLIN		Date d'achèvement de la recherche 15 AVRIL 1992	Examineur DANIELIDIS S.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)