

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction

2 549 916

②1 N° d'enregistrement national :

83 12263

⑤1 Int Cl^a : F 16 C 11/06; B 25 J 17/02.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 25 juillet 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 5 du 1^{er} février 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RECHERCHES AEROSPATIALES (par abréviation : O.N.E.-R.A.) Etablissement public. — FR.

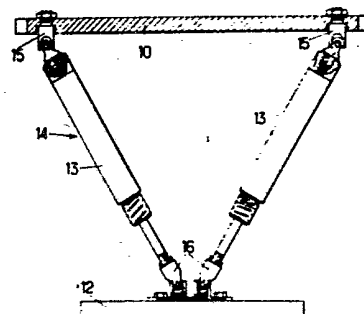
⑦2 Inventeur(s) : Alain Gaillet et Claude Reboulet.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Plasseraud.

⑤4 Dispositif d'articulation actif à compliance.

⑤7 Le dispositif d'articulation comprend deux plateaux 10, 12 reliés par une structure en treillis fermé comprenant six biellettes 13 dont chacune est reliée aux deux plateaux par des joints universels. Un vérin 14 commandé indépendamment est interposé sur chaque biellette 13, en parallèle avec un détecteur 17 d'élongation du vérin, pour permettre un réglage fin suivant les six degrés de liberté. Le dispositif est utilisable dans un bras de robot ayant déjà des moyens de déplacement approché à cinq ou six degrés de liberté, de façon à former un poignet de réglage fin.



FR 2 549 916 - A1

D

Dispositif d'articulation actif à compliance

L'invention concerne les dispositifs d'articulation du type comprenant deux plateaux reliés par une structure en treillis fermé comprenant six biellettes dont chacune est
5 reliée aux deux plateaux par des joints universels. Elle trouve une application particulièrement importante dans les bras de robot ayant déjà des moyens de déplacement approché à cinq ou six degrés de liberté, de façon à former un poignet de réglage fin. Toutefois elle est également applicable
10 aux bâtis ou plate-formes réglables et orientables pour permettre de réaliser des opérations d'assemblage n'exigeant pas un robot complet.

Les tâches complexes confiées maintenant aux robots, notamment les tâches d'insertion et d'assemblage, exigent
15 que le dispositif d'articulation interposé entre l'organe terminal, généralement une pince, et le socle de manipulateur, présente une élasticité telle qu'une faible erreur de positionnement ne se traduise pas par des contraintes d'effort excessives, risquant de détériorer le matériel, que le
20 positionnement final de l'organe terminal puisse être fait avec une grande précision et que les efforts soient contrôlés.

On connaît déjà des dispositifs du type ci-dessus défini ("A compliant device for inserting a peg in a hole", par H. McCallion et autres, The Industrial Robot, juin 1979)
25 à compliance passive, dans lesquels chaque biellette est télescopique, les deux pièces qui la constituent étant reliées par un coupleur élastique et connectées aux plateaux par des rotules. Si on obtient ainsi une élasticité permettant de tolérer des erreurs d'alignement, le caractère passif de la
30 structure ne permet ni d'atteindre la précision de positionnement requise pour de nombreuses applications, ni de contrôler les efforts.

On connaît également de nombreux dispositifs articulés actifs destinés à constituer des poignets de robots. Mais
35 aucun ne permet à lui seul d'assurer toutes les fonctions requises au degré désiré.

En particulier, l'obtention d'une grande précision de positionnement n'a généralement été atteinte qu'au

détriment de la charge utile transportable et elle implique une grande précision des actionneurs et des détecteurs, qui grève le prix du manipulateur en lui conférant, dans l'ensemble du domaine desservi, une précision élevée qui n'est nécessaire que dans la phase finale de mise en oeuvre.

De plus, parmi les dispositifs articulés connus, la plupart, par exemple celui décrit dans le brevet FR 2 462 607, n'ont pas un nombre suffisant de degrés de liberté. Ils ne peuvent être utilisés sur des robots que si le bras de ce robot possède déjà plusieurs degrés de liberté permettant de fixer la position de la pince terminale et d'effectuer un assemblage : le dispositif peut alors ne présenter que les degrés de liberté nécessaires à l'orientation de la pince.

Par ailleurs, on utilise généralement, dans les dispositifs actuels à compliance active, des vérins hydrauliques ou électriques. Or, il est difficile de contrôler les efforts et d'appliquer un effort constant avec de tels vérins. Sur un vérin hydraulique, on commande en effet essentiellement la vitesse en utilisant une servo-valve. Les vérins électriques utilisent généralement une transmission par vis sans fin, donc non réversible et ne permettant pas un contrôle d'effort ("Assembly automation", février 1983, p. 21).

Par ailleurs, le contrôle d'effort est très délicat à obtenir lorsque le dispositif ne présente pas tous les degrés de liberté requis pour une opération d'insertion et d'assemblage et que, par exemple, les déplacements en translation sont transmis depuis le bras, notamment du fait de l'inertie des pièces et de l'importance des rapports de réduction de déplacement nécessaires.

La présente invention vise à fournir un dispositif d'articulation répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle permet de commander des déplacements suivant six degrés de liberté au niveau même du dispositif, donc en réduisant au minimum l'inertie des éléments déplacés, et facilite la détection, et donc le contrôle, des efforts par mesure

directe des déplacements.

Dans ce but, l'invention propose notamment un dispositif du type ci-dessus défini, caractérisé en ce qu'un vérin commandé indépendamment est interposé sur chaque biellette, en
5 parallèle avec un détecteur d'élongation du vérin, pour permettre un réglage fin suivant les six degrés de liberté.

Les vérins sont avantageusement des vérins pneumatiques, qui ont l'avantage d'être réversibles, d'apporter une souplesse naturelle due à la compressibilité du gaz, de permettre
10 de commander directement l'effort exercé. Ce dernier résultat peut être atteint en les alimentant à l'aide d'une vanne commandée en tout ou rien par des impulsions de courant de rapport cyclique variable. La souplesse naturelle des vérins pneumatiques assure une compliance passive en cas de contact
15 accidentel, cette compliance pouvant d'ailleurs être ajustée par modification de la raideur des asservissements.

Les vérins sont avantageusement des vérins à vis à commande électrique, lorsqu'il s'agit de réaliser un dispositif capable de procéder à des positionnements ou assemblages de
20 pièces de petites dimensions avec une très grande précision, par exemple quelques microns, ce qui est le cas dans le domaine de la micro-mécanique.

Les biellettes sont avantageusement disposées de façon à constituer deux à deux, trois triangles équilatéraux régulièrement répartis autour de l'axe du dispositif, ce qui simplifie
25 la matrice de correspondance entre efforts exercés par les vérins et faibles déplacements et rotations dans un trièdre de référence. Les détecteurs associés à chaque vérin seront avantageusement constitués par des potentiomètres ou codeurs
30 fournissant un signal électrique directement utilisable par le calculateur de commande dont est généralement équipé un robot.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier d'exécution de
35 l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la Figure 1 est un schéma de principe en perspective

montrant les plateaux d'un dispositif suivant l'invention et la disposition relative de trois des six vérins qui l'équipent, :

- la Figure 2 est une vue de dessous du dispositif, deux vérins seulement étant représentés ;

5 - la Figure 3 est une vue en coupe suivant la ligne III-III de la Figure 2 ;

- la Figure 4 est une vue de détail à grande échelle montrant la jonction d'un couple de vérins avec l'un des plateaux du dispositif ;

10 - la Figure 5 est une vue de détail montrant le montage d'un détecteur sur un des vérins ;

- la Figure 6 est un schéma de principe montrant la constitution de la chaîne de commande et de la boucle d'asservissement du dispositif.

15 Le dispositif d'articulation qui sera maintenant décrit est notamment utilisable pour adapter un manipulateur à des opérations d'assemblage. Il permet de munir le bras du manipulateur d'un outil terminal tel qu'une pince. Ce dispositif permet d'assurer les fonctions de positionnement fin et de
20 contrôle des efforts exercés par l'intermédiaire de l'outil en laissant au manipulateur lui-même les fonctions de déplacement au cours de l'approche. La manipulation d'assemblage pourra en conséquence être réalisée en deux étapes, d'abord un positionnement relatif grossier des deux pièces à assembler,
25 puis un déplacement précis et de faible amplitude réalisé à l'aide du dispositif d'articulation actif.

Le dispositif (Figures 1 à 3) comporte dans ce but un plateau haut 10, qu'on supposera destiné à être fixé au bras du manipulateur, un plateau bas 12, qu'on supposera destiné
30 à recevoir l'outil, et une structure en treillis fermé 14 reliant les plateaux. De façon à donner au dispositif les six degrés de liberté nécessaires à la tâche d'assemblage fin, le treillis comprend six biellettes de longueur ajustable. On voit que le treillis présente une symétrie de révolution
35 d'ordre 3 autour de l'axe du dispositif. Lorsque toutes les biellettes ont leur longueur nominale, elles constituent deux à deux avantageusement trois triangles équilatéraux, de façon à simplifier la matrice de correspondance entre longueur des

biellettes et déplacements en translation et en rotation, comme on le verra plus loin.

Pour permettre une variation de longueur des biellettes, chacune d'elles est constituée par un vérin 13 relié au plateau haut 10 et au plateau bas 12. Le corps de chaque vérin est relié au plateau 12 par un joint universel constitué par un cardan 15. La tige du vérin est, de son côté, reliée au plateau bas par un second cardan 16 et un roulement à billes (Figure 4). La fixation sur les plateaux s'effectue par des moyens classiques quelconques, tels que vis et écrous.

Chaque vérin 13 est muni d'un détecteur de déplacement 17 constitué par un potentiomètre linéaire. Le boîtier de ce potentiomètre est fixé au corps du vérin 13 par une bague 18 et un écrou 20 (Figure 5). Le curseur du potentiomètre est solidaire de la tige du vérin 13 par une plaque vissée 19.

Par mise en oeuvre des six vérins 13, on obtient six degrés de liberté en translation et en rotation, l'amplitude de déplacement n'étant limitée que par l'élongation des vérins. Ces derniers étant placés très près de l'outil, l'inertie des éléments en mouvement lors du réglage fin est réduite au minimum. Enfin, grâce à l'emploi de vérins pneumatiques, on peut commander l'outil soit en déplacement fin, soit en force et couple. L'effort de chaque tige de vérin peut en effet être commandé en hachant l'alimentation électrique d'électrovannes 26 reliées aux compartiments de chaque vérin. L'expérience montre en effet que, du moins au voisinage de l'équilibre, la variation de pression dans une chambre du vérin est sensiblement proportionnelle à la durée de l'impulsion électrique de commande de l'électrovanne correspondante. Enfin, par ajustage de la raideur des asservissements, on peut modifier la fonction de compliance.

Le dispositif qui vient d'être décrit est associé à une source de gaz sous pression régulée par un système de commande qui sera généralement à calculateur numérique. L'organigramme du système est celui représenté en Figure 6 sur laquelle on a figuré les signaux d'entrée \vec{x} et \vec{q} représentant les position et orientation à atteindre dans un trièdre de référence lié au bras. Ces signaux attaquent un

calculateur programmé pour correspondre au modèle géométrique inverse 23 du dispositif. Les signaux de sortie de 23, représentant les élongations à donner aux vérins 13, attaquent, par l'intermédiaire d'un soustracteur 24 qui reçoit les signaux de contre-réaction des détecteurs 17, les électrovannes 25. Les signaux fournis par les détecteurs de mesure de déplacement des vérins sont retournés au soustracteur 24. Un convertisseur A/N est évidemment prévu si les détecteurs sont de type analogique.

10 Pour l'utilisation dans le domaine de la micro-mécanique, le dispositif conforme à l'invention comporte avantageusement un vérin 13 à vis à commande électrique. En outre, le corps et la tige du vérin sont respectivement reliés aux plateaux 10 et 12, par une tige de faible diamètre, présentent une 15 très grande rigidité longitudinale et une possibilité de flexion autour de son axe (Figure 7). Par rapport aux cardans et roulements, les tiges ci-dessus limitent la possibilité du mouvement relatif des plateaux, ce qui n'est pas gênant pour les mouvements de faible amplitude nécessaires et présente 20 l'avantage de supprimer tous les jeux.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'articulation actif à compliance, comportant deux plateaux reliés par une structure en treillis fermé comprenant six biellettes dont chacune est reliée aux deux plateaux (10, 12) par des joints universels, caractérisé en ce qu'un vérin (13) commandé indépendamment est interposé sur chaque biellette (14), en parallèle avec un détecteur (17) d'élongation du vérin, pour permettre un réglage fin suivant les six degrés de liberté.
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les vérins (13) sont pneumatiques et à double effet.
3. Dispositif suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les vérins sont alimentés par des électrovannes permettant de régler la pression dans les deux compartiments de chaque vérin.
4. Dispositif suivant la revendication 3, caractérisé en ce que les électrovannes sont commandées en impulsions de rapport cyclique variable.
5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les vérins (13) sont à vis et à commande électrique.
6. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les biellettes sont disposées de façon à former des triangles équilatéraux.
7. Dispositif d'articulation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les détecteurs sont des potentiomètres ou codeurs.
8. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'un des éléments de chaque vérin est relié à l'un des plateaux (10) par l'intermédiaire d'un cardan (15) et l'autre est relié à l'autre plateau (12) par l'intermédiaire d'un cardan (16) et d'un roulement.
9. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les éléments de chaque vérin (13) sont reliés à chacun des plateaux (10, 12) par l'intermédiaire d'une tige de faible diamètre présentant une très grande rigidité longitudinale et une possibilité de

flexion autour de son axe.

10. Application du dispositif suivant l'une quelconque des revendications précédentes à la liaison entre un bras de robot et un outil.

FIG. 4.

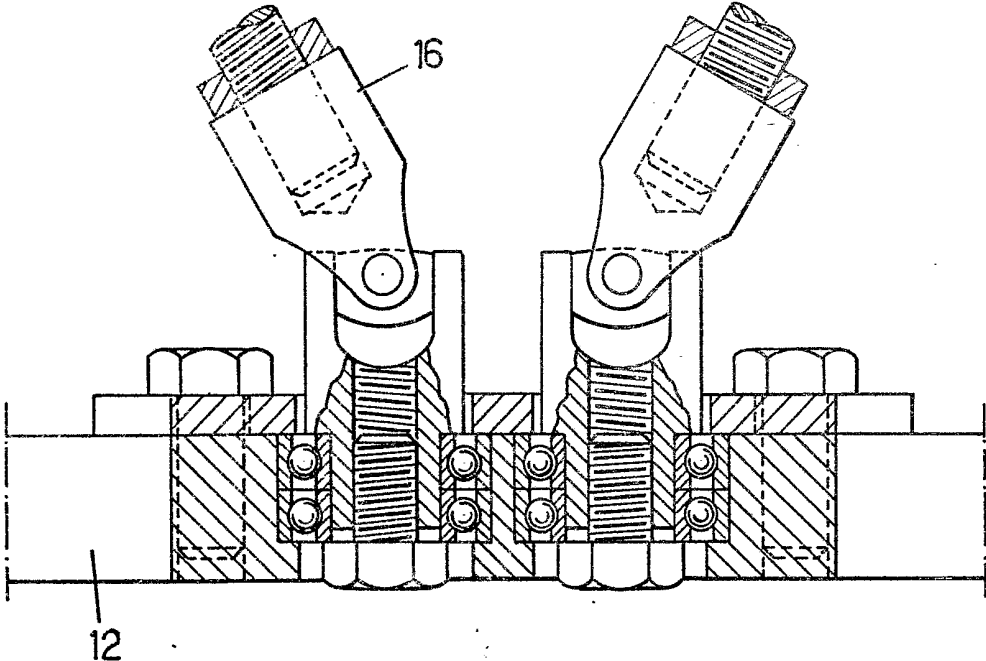
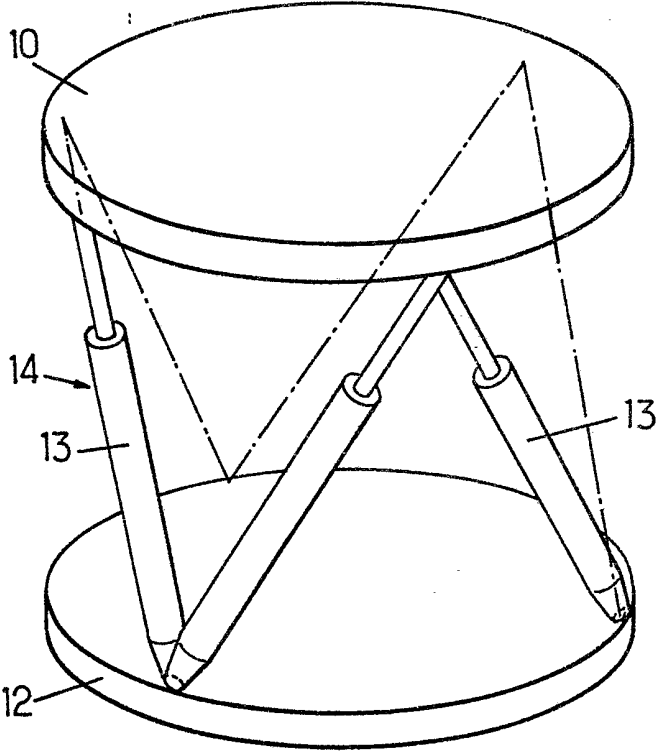


FIG. 1.



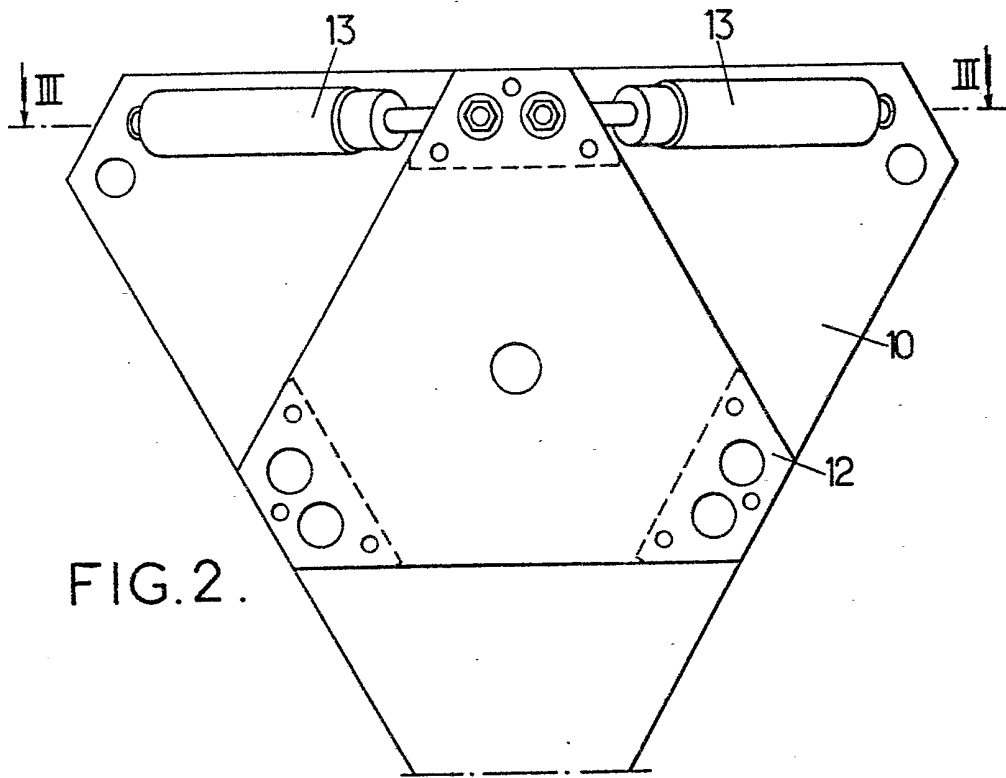


FIG. 2.

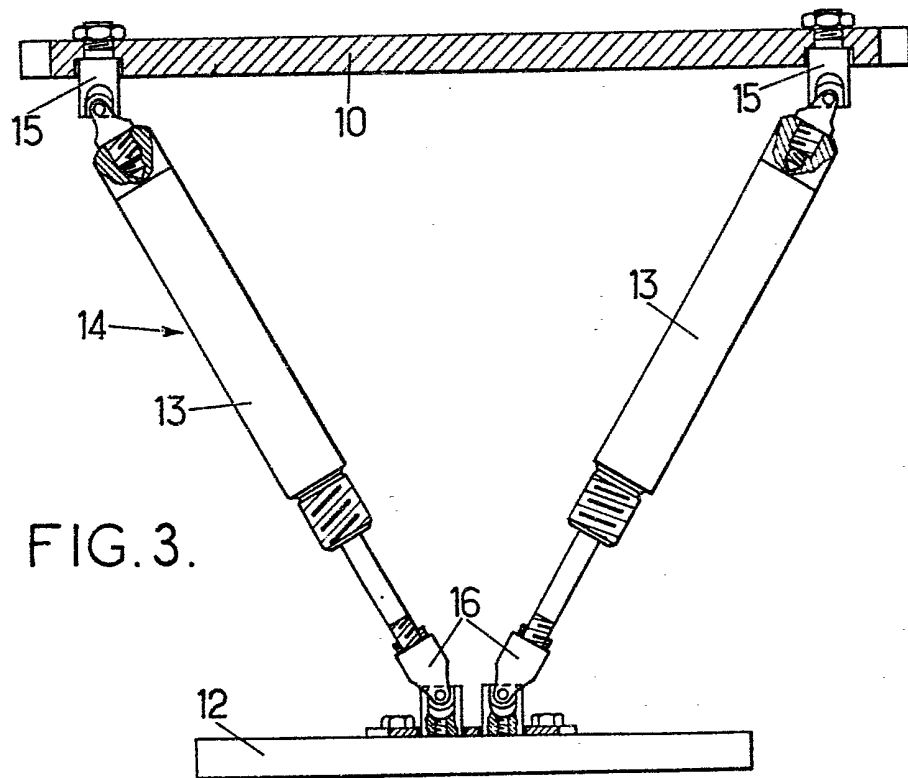


FIG. 3.

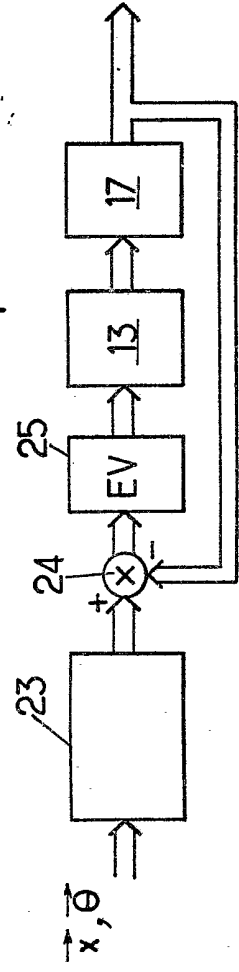
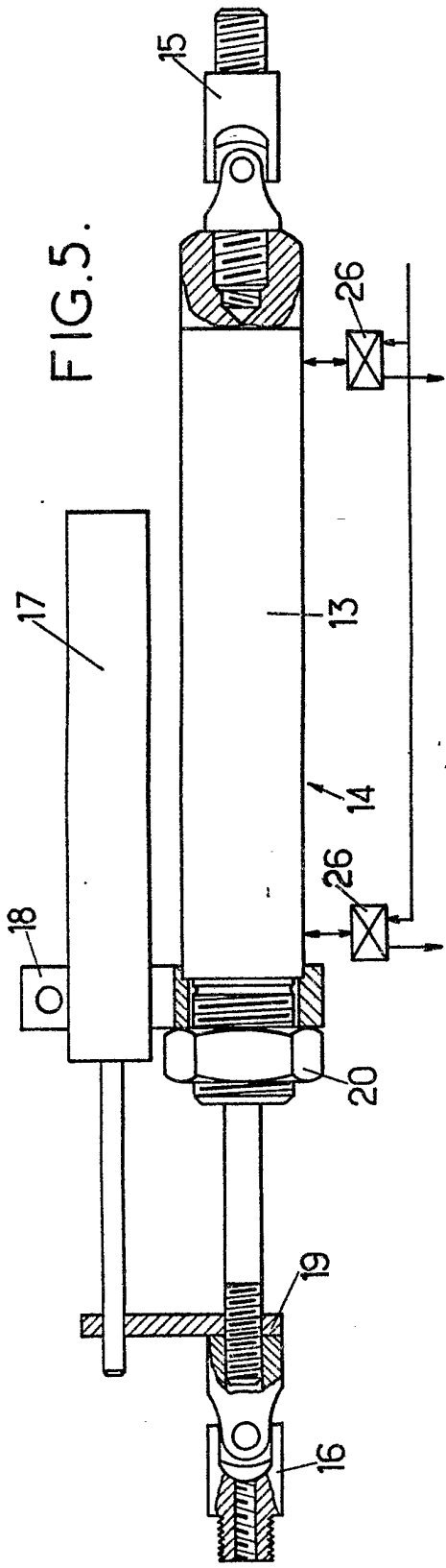


FIG. 7.

