



(72) REBOULET, Claude, FR

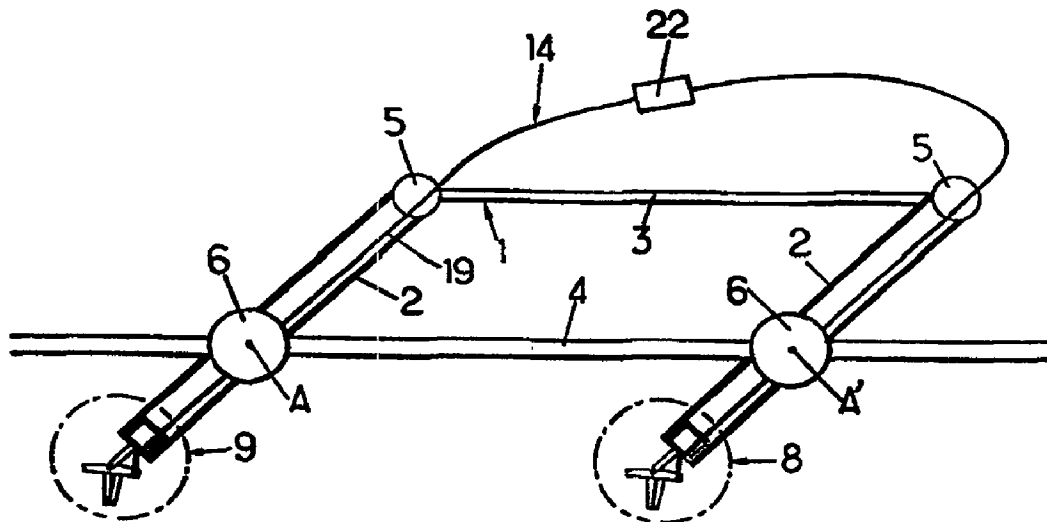
(71) ONERA (OFFICE NATIONAL D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES  
AÉROSPATIALES), FR

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> B25J 9/10, B25J 3/02

(30) 1995/11/21 (95/13791) FR

(54) **"MASTER-SLAVE" REMOTE MANIPULATION APPARATUS  
HAVING SIX DEGREES OF FREEDOM**

(54) **APPAREIL DE TELEMANIPULATION DU TYPE "MAITRE-  
ESCLAVE" A SIX DEGRES DE LIBERTE**



(57) Appareil de télémanipulation du type "maître-esclave" à six degrés de liberté, comportant: un parallélogramme déformable avec deux bras parallèles (2) articulés avec un degré de liberté en rotation avec une traverse (3) et avec deux degrés de liberté en rotation sur un bâti (4); deux dispositifs "maître" (8) et "esclave" (9) d'articulation à structure parallèle disposés respectivement à l'extrémité de chaque bras (2); et cinq dispositifs (19) de transmission bidirectionnelle de mouvement linéaire interposés entre les dispositifs "maître" et "esclave".

(57) A "master-slave" remote manipulation apparatus having six degrees of freedom and comprising a flexible parallelogram with two parallel arms (2) hinged to a cross member (3) with one degree of rotational freedom and to a frame (4) with two degrees of rotational freedom; two parallel-hinged "master" (8) and "slave" (9) devices at the end of each respective arm (2); and five two-way linear motion transmitting devices (19) between said "master" and "slave" devices.

PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE  
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>B25J 9/10, 3/02</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 97/18927</b> (43) Date de publication internationale: 29 mai 1997 (29.05.97)
-----------------------------------------------------------------------------------------	-----------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR96/01849

(22) Date de dépôt international: 21 novembre 1996 (21.11.96)

(30) Données relatives à la priorité:  
95/13791 21 novembre 1995 (21.11.95) FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE RECHERCHES AEROSPATIALES (ONERA) [FR/FR]; 29, avenue de la Division-Leclerc, F-92320 Châtillon (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (US seulement): REBOULET, Claude [FR/FR]; Chemin de Canteloup, F-31320 Labège (FR).

(74) Mandataire: GORREE, Jean-Michel; Cabinet Plasseraud, 84, rue d'Amsterdam, F-75440 Paris Cédex 09 (FR).

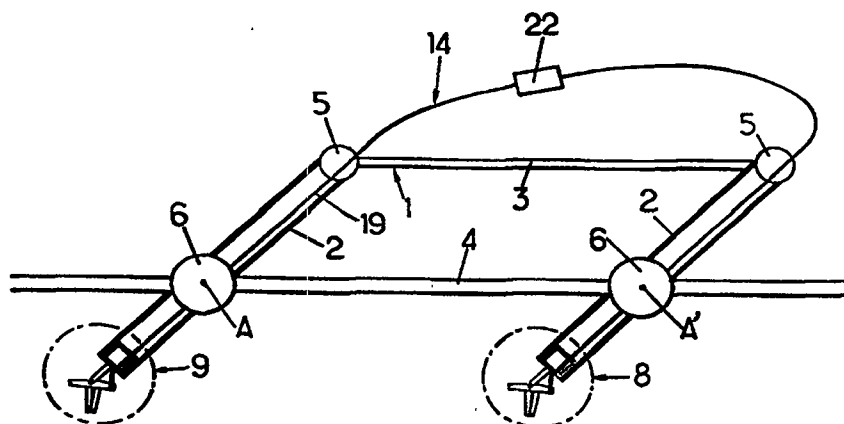
(81) Etats désignés: BR, CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: "MASTER-SLAVE" REMOTE MANIPULATION APPARATUS HAVING SIX DEGREES OF FREEDOM

(54) Titre: APPAREIL DE TELEMANIPULATION DU TYPE "MAITRE-ESCLAVE" A SIX DEGRES DE LIBERTE



(57) Abstract

A "master-slave" remote manipulation apparatus having six degrees of freedom and comprising a flexible parallelogram with two parallel arms (2) hinged to a cross member (3) with one degree of rotational freedom and to a frame (4) with two degrees of rotational freedom; two parallel-hinged "master" (8) and "slave" (9) devices at the end of each respective arm (2); and five two-way linear motion transmitting devices (19) between said "master" and "slave" devices.

~~Druckexemplar~~

1

Appareil de télémanipulation du type "maître-esclave" à six degrés de liberté.

La présente invention concerne des perfectionnements apportés aux appareils de télémanipulation du type "maître-esclave", destinés à permettre la manipulation à distance d'un objet quelconque par l'intermédiaire d'une transmission mécanique directe.

Un tel appareil permet à un opérateur, actionnant un dispositif "maître" situé dans un espace de commande, de manipuler des objets avec le dispositif "esclave" situé dans un espace de travail distant et inaccessible. Cet appareil peut être agencé pour modifier l'amplitude des mouvements effectués par l'opérateur, par exemple pour la diminuer, ce qui permet alors d'agir dans un espace de travail réduit, homothétique de l'espace de commande.

Les appareils de télémanipulation connus sont généralement réalisés à partir de structures articulées mécaniques du type "série" : ils en présentent donc les inconvénients de lourdeur et d'encombrement.

La présente invention a essentiellement pour but de proposer un appareil de télémanipulation perfectionné qui bénéficie des avantages de réduction notable de poids et d'encombrement présentés par les structure articulées du type parallèle, et plus particulièrement par celles décrites dans le document FR-A-2 672 836 au nom du Demandeur. En outre et surtout, l'invention a pour but de mettre à profit les nombreuses mobilités des articulations divulguées dans le document précité pour parvenir à la réalisation de dispositifs de télémanipulation à six degrés de liberté qui offrent une souplesse d'emploi optimale.

A ces fins, un appareil de télémanipulation de type "maître-esclave" à six degrés de liberté, trois en rotation, trois en translation, agencé conformément à l'invention se caractérise essentiellement en ce qu'il comprend :

- une structure articulée en forme de parallélogramme déformable, comportant deux bras parallèles réunis chacun,

la

Le document WO-A-9426167 concerne un robot manipulateur ayant une structure mécanique, formant support d'outils, de type parallélogramme déformable dont la fonction principale est de permettre la rotation d'un bras autour d'un point dégagé de tout support mécanique dans son voisinage. Les  
5 outils, lorsqu'ils sont présentés, ont une structure série (c'est-à-dire un bras unique, constitué de plusieurs éléments articulés bout-à-bout, dont une extrémité repose sur une embase et l'autre est libre et mobile). La  
10 rotation du bras autour du point d'articulation est de deux ou de trois degrés de liberté. Ce robot manipulateur connu ne comporte ni moyen de couplage mécanique entre le manipulateur maître et un manipulateur esclave, ni un dispositif mécanique à restitution d'effort, tant au niveau  
15 du support que des outils, et donc pas de fonction maître-esclave.

La présente invention a essentiellement pour but de proposer un appareil de télémanipulation perfectionné qui bénéficie des avantages de réduction notable de poids et  
20 d'encombrement présentés par les structure articulées du type parallèle, et plus particulièrement par celles décrites dans le document FR-A-2 672 836 au nom du Demandeur. En outre et surtout, l'invention a pour but de mettre à profit les nombreuses mobilités des articulations divulguées dans  
25 le document précité pour parvenir à la réalisation de dispositifs de télémanipulation à six degrés de liberté qui offrent une souplesse d'emploi optimale.

A ces fins, un appareil de télémanipulation de type "maître-esclave" à six degrés de liberté, trois en rotation,  
30 trois en translation, agencé conformément à l'invention se caractérise essentiellement en ce qu'il comprend :

- une structure articulée en forme de parallélogramme déformable, comportant deux bras parallèles réunis chacun,

d'une part, à une traverse par une articulation à un degré de liberté en rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan du parallélogramme et, d'autre part, à un bâti par une articulation à deux degrés de liberté en rotation autour de deux axes, le premier axe étant perpendiculaire au plan du parallélogramme et le second axe étant supporté par le quatrième côté du parallélogramme, les quatre articulations étant situées aux sommets du parallélogramme, les deux bras se prolongeant au-delà de leur articulation respective avec le bâti ;

- deux dispositifs d'articulation à structure parallèle, à savoir un dispositif "maître" et un dispositif "esclave", disposés respectivement à l'extrémité libre de chaque bras, chaque dispositif comportant d'une façon en soi connue:

. une embase supportée par l'extrémité libre du bras correspondant,

. un organe mobile par rapport à l'embase, formant soit l'organe de commande dans le dispositif "maître", soit l'organe commandé dans le dispositif "esclave", l'organe mobile étant articulé en son centre, avec trois degrés de liberté en rotation, sur un support monté sur l'embase avec possibilité de déplacement axial parallèlement à l'axe du bras, ce grâce à quoi l'organe mobile possède un degré de liberté en translation axiale par rapport audit bras,

. quatre dispositifs actionneurs approximativement parallèles à l'axe du bras, interposés entre l'embase et l'organe mobile et entourant le support, chaque dispositif actionneur comportant

= une tringle sensiblement parallèle à l'axe du bras et supportée par l'embase de manière à pouvoir y coulisser parallèlement à l'axe du bras,

= et une bielle de longueur fixe raccordée avec articulations en rotation à l'extrémité de la tringle et à l'organe mobile,

les positions respectives des tringles sur l'embase et

des articulations des bielles sur l'élément mobile étant telles que les bielles soient aptes à engendrer des couples selon trois axes de rotation sur l'organe mobile, lui conférant trois degrés de liberté en rotation par rapport au bras correspondant,

- 5  
- et cinq dispositifs de transmission bidirectionnelle de mouvement linéaire qui sont interposés  
d'une façon en soi connue  
X pour quatre d'entre eux, entre les quatre dispositifs actionneurs du dispositif "maître" et les quatre dispositifs actionneurs correspondants du dispositif "esclave",  
10 . et, pour le cinquième, entre les supports respectifs de l'organe mobile de commande du dispositif "maître" et de l'organe mobile commandé du dispositif "esclave",  
15 . ces dispositifs de transmission bidirectionnelle étant agencés de manière telle que le déplacement linéaire d'un dispositif actionneur ou du support de l'organe mobile de commande du dispositif "maître" soit transmis sous forme d'un déplacement linéaire de même sens du dispositif actionneur correspondant ou du support de l'organe mobile commandé du dispositif "esclave".  
20

Un dispositif d'articulation à structure parallèle tel que précité est déjà connu de par le document cité plus haut FR-A-2 672 836 (voir revendication 5 et figure 1 dudit document), tandis que la conception d'un appareil "maître-esclave" à partir de deux tels dispositifs d'articulation est elle aussi évoquée (revendication 12 et figure 10) sans toutefois que des solutions pratiques de réalisation soient proposées. Les dispositions ci-dessus énoncées pour un appareil conforme à l'invention caractérisent une solution technique originale et sont à la base d'un appareil fonctionnellement efficace, qui possède six degrés de liberté.  
25  
30

On peut noter également que le dispositif de l'invention combine une structure mécanique à deux degrés de liberté, formant support d'outil, en forme de parallélogramme et deux poignets à structure parallèle dérivés de celui décrit dans le document FR 2 672 836. Le perfectionne-  
35

ment apporté au poignet consiste à mettre en oeuvre un actionneur concernant exclusivement le degré de liberté en translation, ce qui conduit à une structure maître-esclave à quatre degrés de liberté avec redondance de moyens en rotation. Un tel dispositif offre des capacités de déplacements qui ne peuvent pas être procurées par les dispositifs antérieurs.

Avantageusement, chaque dispositif de transmission de mouvement comporte un organe transmetteur souple agencé pour transmettre aussi bien les efforts de traction que les efforts de poussée, chaque dispositif de transmission comportant un câble souple enfermé, avec possibilité de libre coulissement longitudinal, dans une gaine dont chaque extrémité est ancrée à l'embase d'un bras ; à chaque dispositif de transmission de mouvement ainsi constitué peut être associé fonctionnellement un dispositif inverseur agencé pour que les deux extrémités de l'organe transmetteur, orientées parallèlement à l'axe des bras, sur les embases, aient des déplacements de même sens. Le recours à la solution technique qui vient d'être proposée permet d'établir une liaison souple et filiforme entre le dispositif "maître" et le dispositif "esclave", ce qui conduit à un appareil de réalisation simple et d'encombrement réduit, faisant appel à des organes rustiques, mais efficaces et donc peu coûteux. En particulier, on peut alors réaliser les deux bras sous forme tubulaire, ces bras renfermant les extrémités respectives des susdits dispositifs de transmission bidirectionnelle.

Par ailleurs, il est possible, et intéressant pour certaines applications, que les deux bras de la structure articulée en parallélogramme déformable présentent, au-delà de leur articulation avec le bâti, des longueurs différentes, l'amplitude du déplacement transmis par le dispositif de transmission bidirectionnelle interposé entre les supports respectifs des organes mobiles de commande et commandé étant modifiée dans le même rapport que le rapport

des longueurs des deux bras ; ce grâce à quoi l'étendue du domaine de travail de l'appareil de télémanipulation est transformée dans le rapport des longueurs des bras ; dans ce cas on peut notamment faire en sorte que la longueur du bras du dispositif d'articulation "esclave" soit plus courte que la longueur du bras du dispositif d'articulation "maître", ce grâce à quoi les mouvements du dispositif d'articulation "maître" sont démultipliés avec un rapport de réduction égal au rapport des longueurs des bras par rapport aux mouvements correspondants effectués, sous sa commande, par le dispositif d'articulation "esclave" ; il est alors souhaitable que l'appareil de télémanipulation comporte en outre, associé au dispositif d'articulation "esclave", un dispositif de vision, notamment stéréoscopique, agencé pour fournir une image du champ de travail du dispositif d'articulation "esclave" avec un grossissement inverse du susdit rapport de réduction, de manière à constituer un appareil complet offrant pour l'opérateur toutes les facilités de mise en oeuvre.

On peut noter ici que l'appareil de l'invention présente une morphologie filiforme qui se prête bien à son emploi dans le domaine chirurgical ou dans tout domaine nécessitant une intervention dans un espace de travail restreint comme par exemple en microélectronique. Toutefois, l'intérêt de l'appareil de l'invention ne se limite pas à ces seules applications et couvre au contraire tous les domaines habituels de la télémanipulation.

On notera également qu'à l'exception des capteurs spécifiques accessoires, liés à l'application prévue pour l'appareil (en général une caméra), l'appareil de l'invention, tout en restituant les efforts, tant en traction et en compression qu'en rotation, ne nécessite aucun capteur, aucune électronique et donc aucun système informatique pour sa commande. Cette originalité a évidemment comme conséquence directe une réduction notable de son coût de fabrication.



L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui suit de certains modes de réalisation préférés donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs. Dans cette description, on se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

5

- la figure 1 est une vue très schématique d'un appareil de télémanipulation de type "maître-esclave" agencé conformément à l'invention ;

10

- la figure 2 est une vue, à plus grande échelle et plus détaillée, de l'extrémité d'un des bras de l'appareil de la figure 1 ;

- les figures 3 et 4 sont des vues, à plus grande échelle, de respectivement deux variantes de réalisation d'articulations de l'appareil de la figure 1 ;

15

- la figure 5 est une vue , à plus grande échelle, d'autres articulations de l'appareil de la figure 1 ;

20

- les figures 6 et 7 sont des vues, à plus grande échelle et plus détaillées, de respectivement deux variantes de réalisation d'un dispositif inverseur de l'appareil de la figure 1 ; et

- la figure 8 est une vue très schématique d'une variante de réalisation de l'appareil de la figure 1.

25

A la figure 1 est représenté dans son ensemble, de façon schématique, un appareil de télémanipulation de type "maître-esclave" agencé conformément à l'invention.

30

Il comporte une structure articulée 1 en forme de parallélogramme déformable, comportant deux bras 2 parallèles, une traverse 3 et un bâti 4. La traverse 3 est reliée à libre rotation, par des articulations 5 à un degré de liberté, aux extrémités des bras 2 ; le bâti 4 est relié en libre rotation, par des articulations 6 à deux degrés de liberté, en des points A et A' intermédiaires respectifs des bras 2 ; les bras 2 se prolongent ainsi au-delà des articulations 6.

35

Les articulations 6 possèdent les deux degrés nécessaires de rotation autour de deux axes coplanaires et

perpendiculaires l'un à l'autre au point A et respectivement au point A'. La figure 3 montre un premier agencement possible, du type Cardan, selon lequel le bras 2 peut pivoter autour de l'axe v, et le bras 2 et l'axe v peuvent pivoter autour de l'axe u supporté par le quatrième côté AA' du parallélogramme ; l'axe u peut être un arbre pivotant en bout sur le bâti 4 fixe.

On peut également avoir recours à une articulation sphérique 6, supportée par le bâti 4, comme montré à la fig. 4.

Les deux articulations 5 peuvent être agencées comme représenté à la figure 5, pour procurer un unique degré de liberté en rotation autour d'un axe w. Bien entendu, les axes w des articulations 5 et les axes v des articulations 6 sont mutuellement parallèles et perpendiculaires au plan du parallélogramme.

Aux extrémités libres respectives des deux bras 2 sont placés deux dispositifs, respectivement un dispositif "maître" 8 et un dispositif "esclave" 9, d'articulation à structure parallèle. Les deux dispositifs "maître" 8 et "esclave" 9 sont constitués de façon identique et sont agencés, d'une façon en soi connue, conformément aux enseignements du document FR-A-2 672 836 en correspondance avec le mode de réalisation de la figure 10 et de la revendication 5. A ce titre, chaque dispositif 8, 9 comporte, comme visible plus particulièrement à la figure 2, les éléments suivants :

- Une embase 10 qui est constituée par l'extrémité libre du bras 2 ; il peut s'agir, comme montré à la figure 2, d'un embout rapporté et fixé sur ou dans l'extrémité du bras 2.
- Un organe 11 mobile par rapport à l'embase 10, constituant l'organe de commande proprement dit du dispositif "maître" 8 et l'organe commandé (pince porte-outil notamment) du dispositif "esclave" 9. Cet organe mobile 11 est supporté centralement, avec une articulation 12 à trois degrés de liberté en rotation, sur un support 13 monté sur l'embase

- 10 avec possibilité de déplacement axial par rapport audit bras. En l'occurrence le support 13 est constitué par une tige sensiblement coaxiale au bras 2 et coulissant axialement par rapport à celui-ci. Dans le cas représenté, 5 l'embase 10 supporte la tige 13 à libre coulissement. On notera qu'il aurait été possible également que le support 13 soit solidaire de l'embase 10, laquelle aurait été montée coulissante sur ou dans le bras 2. Grâce à cet agencement, l'organe mobile 11 dispose d'un degré de 10 liberté en translation axiale.
- Quatre dispositifs actionneurs 14 approximativement parallèles à l'axe du bras, interposés entre l'extrémité libre du bras et l'organe mobile 11. Ces quatre dispositifs 14 actionneurs sont répartis autour du support 13 15 (seuls deux actionneurs ont été représentés à la figure 2). Chaque dispositif actionneurs 14 comporte :
- . une tringle 15 sensiblement parallèle à l'axe du bras 2 et supportée par l'embase 10 dans laquelle elle coulisse librement,
  - 20 . et une bielle 16 de longueur fixe raccordée avec articulations en rotation à l'extrémité de la tringle 15 et à l'organe mobile 11,
- les positions respectives des tringles 15 sur l'embase 10 et des articulations des bielles 16 sur l'organe 25 mobile 11 étant telles que les bielles 16 soient aptes à engendrer des couples selon trois axes de rotation sur l'organe mobile 11, lui conférant trois degrés de liberté en rotation par rapport au bras 2.
- On notera ici que les liaisons 17 des bielles 16 avec les 30 tringles 15 respectives sont des liaisons articulées dans l'espace, telles que rotules ou articulations à la Cardan, et que les liaisons 18 des bielles 16 avec l'organe mobile 11 sont des liaisons articulées dans l'espace telles que des rotules.
- 35 - Et enfin cinq dispositifs 19 de transmission bidirectionnelle de mouvement linéaire (c'est-à-dire aptes à

transmettre un mouvement linéaire sélectivement dans les deux sens possibles selon une direction donnée) qui sont interposés

5 . pour quatre d'entre eux, entre les quatre dispositifs actionneurs 14 du dispositif "maître" 8 et les quatre dispositifs actionneurs 14 correspondants du dispositif "esclave" 9,

10 . et, pour le cinquième, entre les supports respectifs 13 de l'organe mobile de commande du dispositif "maître" 8 et de l'organe mobile commandé du dispositif "esclave" 9.

15 Une manière économique et simple de réaliser les dispositifs de transmission des efforts consiste à avoir recours à une liaison par corde à piano ou câble analogue 20 (voir fig. 6 et 7) enfermée dans une gaine flexible 21 ancrée à ses extrémités, qui est apte à transmettre des efforts bidirectionnellement. On pourrait bien sûr avoir recours à d'autres moyens connus, tels que des commandes à billes.

20 Pour conserver le sens de transmission du déplacement de l'organe mobile de commande à l'organe mobile commandé, on associe, à chaque dispositif de transmission 19, un dispositif inverseur 22 agencé de manière que les deux extrémités de l'organe transmetteur, le câble 20 ici, 25 aient des déplacements de même sens aux extrémités respectives des bras 2.

30 Le dispositif inverseur 22 peut être réalisé comme montré à la figure 6. Le dispositif de transmission 19 est scindé en deux parties 19a et 19b disposées sensiblement bout-à-bout ; les extrémités des demi-câbles 20 sont raccordées à des ou conformées sous forme de crémaillères respectives 23 disposées face-à-face et engrénant avec une roue dentée intercalaire 24 montée à rotation folle sur le carter 25 du dispositif.

35 Le dispositif inverseur peut aussi être constitué comme montré à la figure 7. Les deux parties 19a et 19b du

dispositif de transmission 19 sont réunies côte à côte, en faisceau, et sont solidarisées par tout moyen connu, par soudure ou bien, comme représenté, par sertissage dans un manchon 26, lequel est installé à libre coulissement axial dans une douille de guidage constitué par un carter 27 et, de préférence, avec interposition de guides à billes 28.

On notera que les bras 2 peuvent avantageusement être réalisée sous forme tubulaire, non seulement de manière à être indéformables pour un poids minimum, mais aussi pour servir de guide aux cinq dispositifs de transmission 19, dans les zones d'extrémité de ceux-ci.

Par ailleurs, on notera également que le dispositif de télémanipulation représenté à la figure 1 avec des bras 2 de même longueur confère des amplitudes de travail identique à l'organe de commande et à l'organe commandé. On peut envisager de donner des longueurs différentes aux deux bras 2 (la longueur de chaque bras étant considérée entre son articulation 6 et son extrémité libre) et de mettre en oeuvre un dispositif inverseur 22, dont le rapport de transmission des déplacements est différent de un, dans le dispositif de transmission interposé entre les supports 13 des organes mobiles 11 de chaque bras 2 ; on obtient ainsi des amplitudes différentes de déplacement linéaire de l'organe de commande et de l'organe commandé, les angles de rotation étant conservés identiques. En particulier, comme montré à la figure 8, le bras 2 du dispositif "maître" 8 peut recevoir une longueur de  $k$  fois supérieure à celle du bras 2 du dispositif "esclave" 9 : les déplacements linéaires de l'organe de commande du dispositif "maître" 8 sont alors transmis à l'organe commandé du dispositif "esclave" 9 avec une démultiplication dans un rapport  $k$ . Selon l'application visée, on pourra coupler ce dispositif de télémanipulation à un dispositif de vision, notamment de vision stéréoscopique reproduisant dans la lunette de l'opérateur une image virtuelle en trois dimensions, agrandie dans le rapport d'homothétie  $k$ , de manière que

l'opérateur ait la sensation de travailler en direct sur cette image virtuelle. En outre, l'association de deux dispositifs complets de télémanipulation peut permettre à un opérateur de travailler avec ses deux mains.

5

~~Comme il va de soi et comme il résulte déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été plus particulièrement envisagés ; elle en embrasse au contraire toutes les variantes.~~

10

## REVENDEICATIONS

1. Appareil de télémanipulation de type "maître-esclave" à six degrés de liberté, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - une structure articulée (1) en forme de parallélogramme déformable, comportant deux bras (2) parallèles réunis chacun, d'une part, à une traverse (3) par une articulation (5) à un degré de liberté en rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan du parallélogramme et, d'autre  
10 part, à un bâti (4) par une articulation (6) à deux degrés de liberté en rotation autour de deux axes, le premier axe étant perpendiculaire au plan du parallélogramme et le second axe étant supporté par le quatrième côté du parallélogramme, les quatre articulations étant situées  
15 aux sommets du parallélogramme, les deux bras (2) se prolongeant au-delà de leurs articulations (6) respectives avec le bâti ;
- X - deux dispositifs (8, 9) d'articulation à structure parallèle, à savoir un dispositif "maître" et un "esclave",  
20 disposés respectivement à l'extrémité libre de chaque bras (2), chaque dispositif comportant ~~une~~ d'une façon en soi connue :
- X . une embase (10) supportée par l'extrémité libre du bras correspondant (2),  
25 . un organe (11) mobile par rapport à l'embase (10), formant soit l'organe de commande dans le dispositif "maître", soit l'organe commandé dans le dispositif "esclave", ledit organe mobile (11) étant articulé (12) en son centre, avec trois degrés de liberté en rotation, sur un support (13) monté sur l'embase (10) avec  
30 possibilité de déplacement axial parallèlement à l'axe du bras, ce grâce à quoi l'organe mobile possède un degré de liberté en translation axiale par rapport audit bras,  
35 . quatre dispositifs actionneurs (14) approximativement parallèles à l'axe du bras, interposés entre l'embase (10) et l'organe mobile (11) et entourant le support

(13), chaque dispositif actionneur comportant

= une tringle (15) sensiblement parallèle à l'axe du bras supportée par l'embase 10 et pouvant y coulisser librement parallèlement à l'axe du bras,

5 = et une bielle (16) de longueur fixe raccordée avec articulations en rotation à l'extrémité de la tringle (15) et à l'organe mobile (11),

les positions respectives des tringles (15) sur l'embase (10) et des articulation des bielles (16) sur l'élément mobile (11) étant telles que les bielles (16) soient aptes à engendrer des couples selon trois axes de rotation sur l'organe mobile lui conférant trois degrés de liberté en rotation par rapport au bras (2) correspondant,

- et cinq dispositifs (19) de transmission bidirectionnelle de mouvement linéaire qui sont interposés

*d'une façon en soi connue*

15 X pour quatre d'entre eux, entre les quatre dispositifs actionneurs du dispositif "maître" (8) et les quatre dispositifs actionneurs correspondants du dispositif "esclave" (9),

20 . et, pour le cinquième, entre les supports respectifs de l'organe mobile de commande du dispositif "maître" (8) et de l'organe mobile commandé du dispositif "esclave" (9),

25 . ces dispositifs de transmission bidirectionnelle étant agencés de manière telle que le déplacement linéaire d'un dispositif actionneur ou du support de l'organe mobile de commande du dispositif "maître" soit transmis sous forme d'un déplacement linéaire de même sens du dispositif actionneur correspondant ou du support de l'organe mobile commandé du dispositif "esclave".

30 2. Appareil de télémanipulation selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'articulation multiple (6) est du type Cardan.

35 3. Appareil de télémanipulation selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'articulation multiple (6) est du type rotule.

4. Appareil de télémanipulation selon l'une quelcon-



que des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque dispositif de transmission de mouvement (19) comporte un organe transmetteur souple agencé pour transmettre aussi bien les efforts de traction que les efforts de poussée.

5           5. Appareil de télémanipulation selon la revendication 4, caractérisé en ce que chaque dispositif de transmission de mouvement est du type comportant un câble souple (20) enfermé avec possibilité de libre coulissement longitudinal dans une gaine (21) dont chaque extrémité est ancrée  
10 à l'embase d'un bras (2).

6. Appareil de télémanipulation selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce qu'à chaque dispositif de transmission de mouvement (19) est associé fonctionnellement un dispositif inverseur (22) agencé pour que les deux  
15 extrémités de l'organe transmetteur, orientées parallèlement à l'axe des bras, sur les embases, aient des déplacements de même sens.

7. Appareil de télémanipulation selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'organe transmetteur (19) est  
20 constitué de deux demi-organs (19<sub>a</sub>, 19<sub>b</sub>) bout-à-bout et en ce que le dispositif inverseur (22) est du type à crémaillère, les extrémités accouplées des demi-organs étant agencées sous forme de crémaillères respectives (23) disposées face-à-face et engrenant avec une roue dentée (24)  
25 montée à libre rotation.

8. Appareil de télémanipulation selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'organe transmetteur (19) est  
constitué de deux demi-organs (19<sub>a</sub>, 19<sub>b</sub>) dont les deux extrémités sont réunies en faisceau et en ce que le dispositif inverseur (22) est du type à "douille", les deux  
30 extrémités réunies en faisceau étant engagées à libre coulissement axial dans une douille de guidage (27).

9. Appareil de télémanipulation selon la revendication 8, caractérisé en ce que le dispositif est du type à  
35 "douille à billes" (27, 28).

10. Appareil de télémanipulation selon l'une

quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les deux bras (2) sont réalisés sous forme tubulaire et renferment les parties extrêmes respectives des susdits dispositifs de transmission bidirectionnelle (19).

5           11. Appareil de télémanipulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les deux bras (2) de la structure articulée en parallélogramme déformable présentent, au-delà de leur articulation (6) avec la traverse de pivotement (4), des longueurs différentes, et  
10           en ce que l'amplitude du déplacement transmis par le dispositif de transmission bidirectionnelle interposé entre les supports (13) des organes mobile (11) est modifiée dans le même rapport que le rapport des longueurs des deux bras, ce grâce à quoi l'appareil de télémanipulation est trans-  
15           formé dans le rapport des longueurs des bras et conserve les angles de rotation.

          12. Appareil de télémanipulation selon la revendica-  
tion 11, caractérisé en ce qu'il comporte associé au  
dispositif d'articulation "esclave", un dispositif de  
20           vision, notamment stéréoscopique, agencé pour fournir une image du champ de travail du dispositif d'articulation "esclave" avec un grossissement inverse du susdit rapport de réduction.

1/3

FIG. 1.

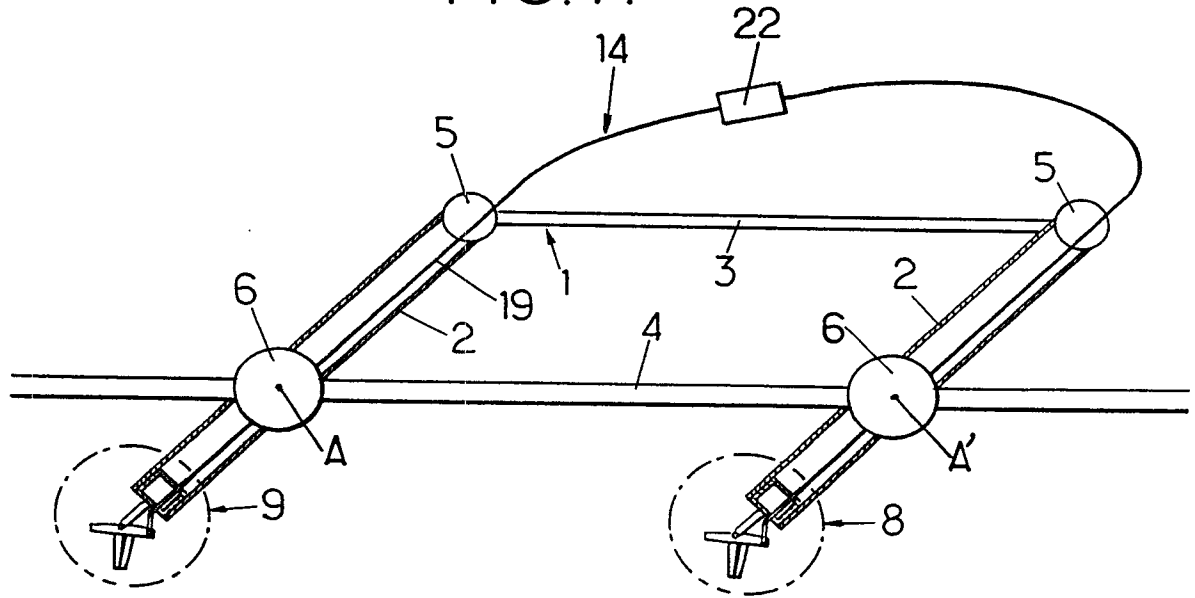
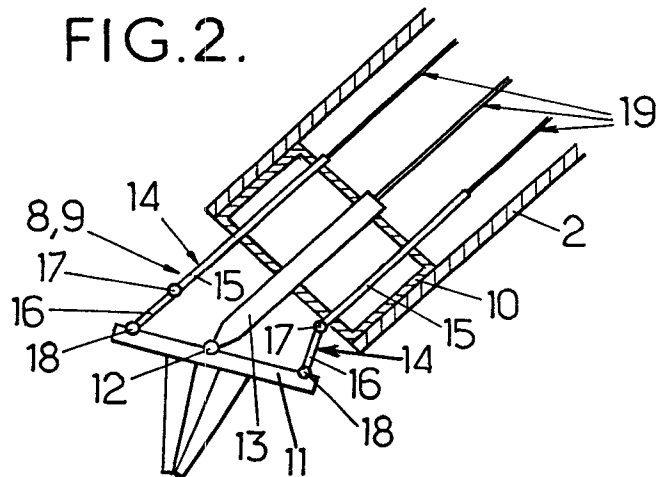
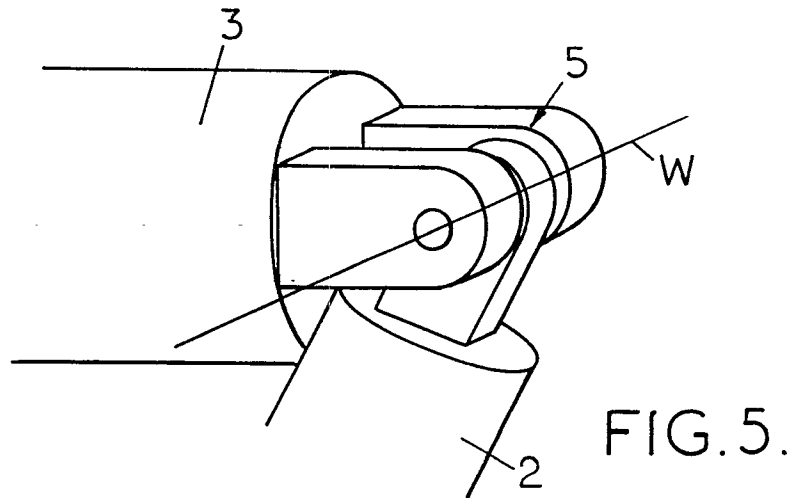
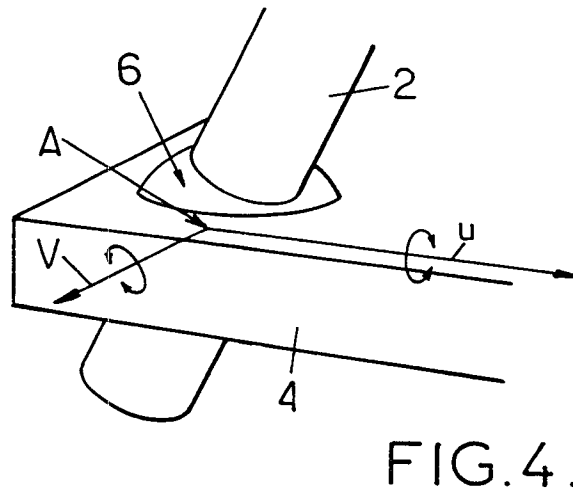
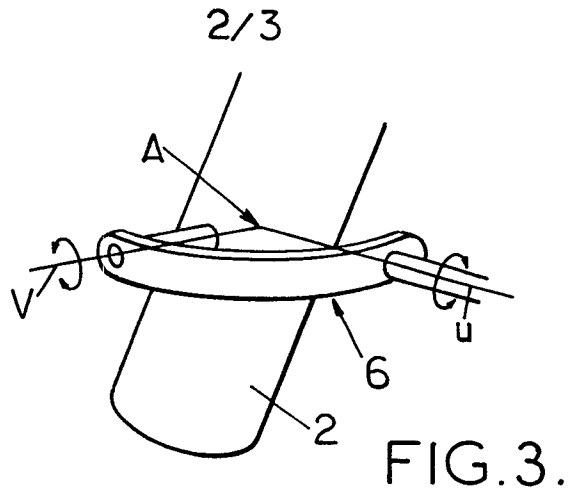


FIG. 2.





3/3  
FIG. 6.

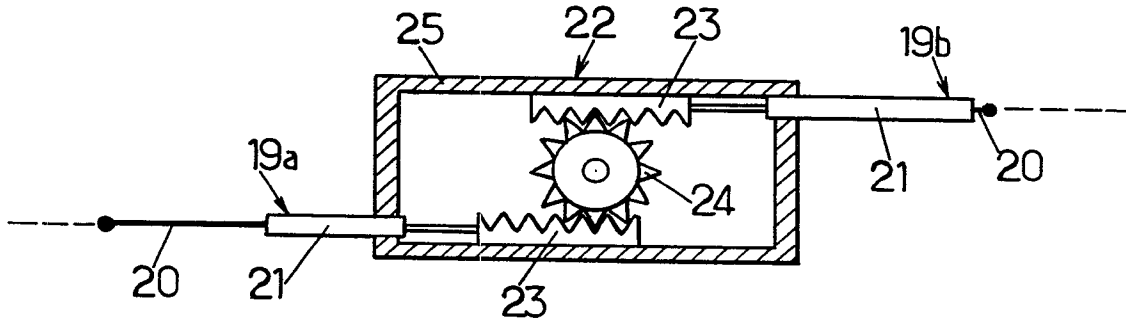


FIG. 7.

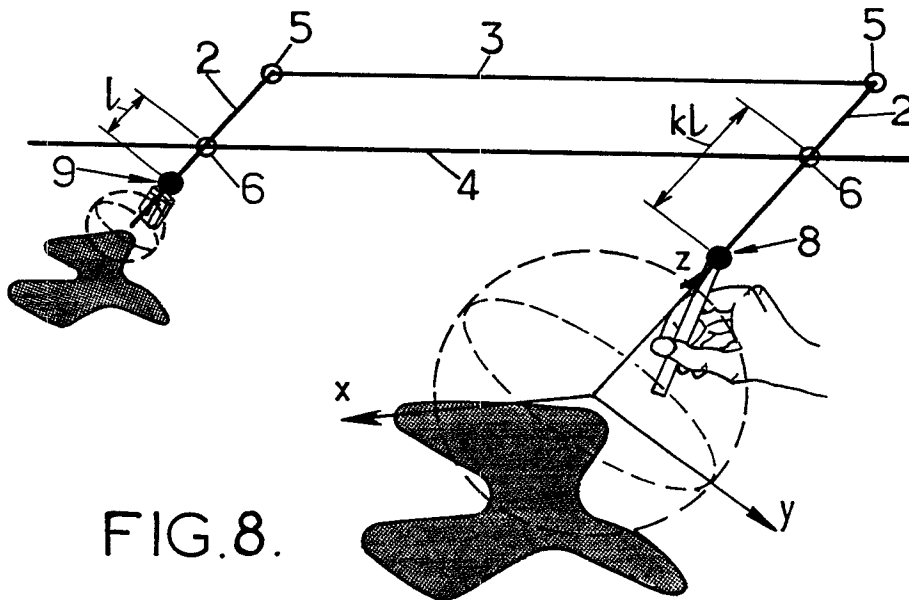
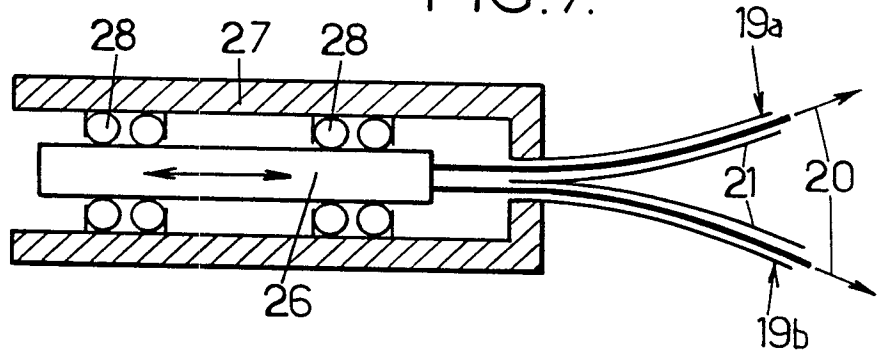


FIG. 8.

