

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 539 659

②1 N° d'enregistrement national :

84 00370

⑤1 Int Cl³ : B 23 K 26/08; B 25 J 9/00; H 01 S 3/00.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11 janvier 1984.

③0 Priorité US, 24 janvier 1983, n° 460.346.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 30 du 27 juillet 1984.

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

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : WESTINGHOUSE ELEC-
TRIC CORPORATION. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Daniel Joseph Plankenhorn.

⑦3 Titulaire(s) :

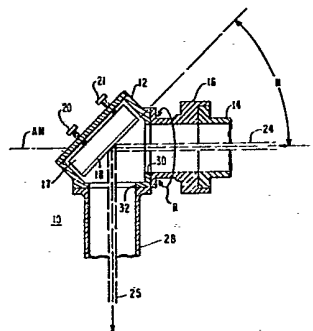
⑦4 Mandataire(s) : Bert, de Keravenant et Herrburger.

⑤4 Appareil-manipulateur avec un faisceau de lumière laser.

⑤7 a. Appareil-manipulateur avec un faisceau de lumière la-
ser.

b. Dispositif caractérisé en ce que chaque membre se com-
pose d'un premier et d'un second éléments creux télescopi-
ques ayant un axe commun, le second élément 12 pouvant
tourner par rapport au premier élément 14 autour de l'axe
commun AM et le second élément pouvant effectuer un mou-
vement télescopique par rapport au premier élément, le mani-
pulateur comportant une source de lumière située au point
fixe, un élément réfléchissant 17 ayant une surface de miroir
18 réfléchissante, montée à la première et à la seconde
extrémités de chaque membre et un moyen 20-21 pour régler
l'angle de l'élément réfléchissant 17 par rapport à l'axe
commun AM.

c. L'invention concerne un dispositif à bras articulés dans
l'application aux robots.



FR 2 539 659 - A1

D

" Appareil-manipulateur avec un faisceau de lumière laser ".

La présente invention concerne un appa-
5 reil-manipulateur avec un faisceau de lumière laser et
de façon générale un système optique fournissant un fais-
ceau de lumière, regroupé en combinaison avec un équipe-
ment automatique et de façon plus particulière une arti-
culation de renvoi d'un faisceau laser destiné au
10 domaine de la robotique.

Les lasers de forte puissance convien-
nent de façon particulière pour constituer une source de
chaleur pour le traitement de différents matériaux à
savoir la vaporisation des matériaux, les opérations de
15 perçage ou de découpe. Les lasers s'appliquent à des pro-
cédés tels que le soudage ou la garniture de surfaces
de métaux nécessitant la fusion de la matière. De la même
manière, la température des matières en phase solide peut
être modifiée grâce au laser pour des opérations de dur-
20 cissement et de recuit.

Les effets thermiques subis par les
matières exposées au faisceau-laser dépendent principale-
ment de l'intensité de l'énergie laser, de l'absorption
par la matière et de la durée pendant laquelle la matière
25 est exposée au faisceau-laser. Le réglage précis de ces
différents paramètres détermine la variation résultante

de la phase ou l'état de la matière. Généralement lorsqu'on utilise des lasers dans des procédés tels que le soudage, la découpe ou le traitement de surface, on oriente la surface de la pièce à traiter pour qu'elle soit pratiquement perpendiculaire au faisceau-laser, le faisceau tombant alors d'équerre sur la surface à traiter. Cette configuration rend optimale l'absorption par la matière et facilite son chauffage. En général, le laser et la pièce se déplacent l'un par rapport à l'autre. Ce mouvement relatif peut se faire de deux manières. Une première solution consiste à déplacer le faisceau par rapport à la pièce qui reste fixe. La seconde solution consiste à manipuler la pièce en laissant fixe le faisceau-laser. Le premier procédé nécessite que le faisceau-laser soit déplacé soit en montant le laser sur un dispositif mobile, soit en dirigeant le faisceau émis par un laser fixe vers la pièce à traiter en utilisant un système optique mobile. Le second procédé nécessite l'utilisation d'un dispositif manipulateur de pièce.

En général, on utilise le second procédé. Les systèmes les plus récents utilisant le laser pour le traitement de la matière emploient un faisceau de laser fixe ainsi qu'un appareil permettant de manipuler la pièce. Cette manipulation de la pièce consiste généralement à prévoir un mouvement linéaire ou de rotation de la pièce ainsi que l'exploitation de la symétrie de la pièce. Des pièces symétriques ou simples peuvent être traitées à l'aide de machines ayant un ou deux axes de mouvement mais toute pièce relativement complexe nécessite une machine de manipulation ayant quatre ou cinq axes de mouvement. Les manipulations nécessaires pour de telles pièces ainsi que la condition générale suivant laquelle le faisceau-laser doit tomber perpendiculairement sur la surface à usiner, sont difficiles à réaliser avec les dispositifs existant actuellement. En outre, ces dis-

positifs sont généralement conçus pour des pièces déterminées et comportent des circuits particuliers. C'est pourquoi, ils ne peuvent être transformés facilement dans le cas de variations de forme et de dimensions. D'autres
5 inconvénients de ce type d'installation sont que des pièces de grandes dimensions, encombrantes, sont difficiles à positionner de façon précise et répétitive et présentent une inertie importante lorsque ces pièces sont déplacées. De la même manière, étant donné la géométrie
10 des pièces, on peut avoir des obstructions interdisant une ligne de vue claire entre la source émettant le faisceau-laser et la surface à usiner de la pièce.

Les machines conçues pour engendrer un produit particulier sont réalisables économiquement seulement si la production concerne un grand nombre de
15 pièces. De simples considérations économiques interdisent souvent des opérations concernant des lots réduits. C'est pourquoi, il existe le besoin d'un système très adaptable avec une optique fournissant un faisceau-laser et qui
20 permet de traiter des pièces de dimensions et de forme complexes, en petites séries, avec une réadaptation minimale nécessaire des outils lorsque la configuration des pièces change.

La présente invention permet d'utiliser
25 la technique de la robotique industrielle dans des applications fournissant un faisceau-laser. L'utilisation selon l'invention d'un nombre de miroirs articulés permet au faisceau-laser de s'adapter en synchronisme au mouvement du manipulateur du robot. C'est pourquoi, le manipulateur peut fournir un faisceau focalisé en n'importe
30 quel point de la plage de la géométrie du robot et déplacer le faisceau suivant le contour d'un chemin avec une vitesse réglée.

Les développements récents dans le domaine
35 des robots utilisant le rayonnement laser comprennent un

bras directeur de faisceau laser, articulé, avec des miroirs placés aux articulations pour réfléchir le faisceau de lumière suivant les segments du bras. Un exemple de système optique directeur de faisceau, articulé est décrit dans "At Coherent: advanced lasers and new ideas in robotics" par Gary S. Vasilash, Manufacturing Engineering, (Mars, 1981, pp. 84-85. Ce document montre et décrit un bras optique articulé. Ce bras forme un chemin de lumière entre un faisceau-laser fixe et un élément d'extrémité qui contient le système optique de mise au point du faisceau. L'élément d'extrémité est fixé à un bras de robot permettant un fonctionnement automatique. Le bras dirigeant la lumière et le bras de robot sont seulement reliés à l'élément d'extrémité et les articulations du bras dirigeant le faisceau lumineux sont libres chacune de se déplacer pour permettre au bras directeur du faisceau de parcourir la distance comprise entre le laser et le point dans l'espace où se trouve l'élément d'extrémité positionné par le bras du robot. Le principe de fonctionnement d'une telle structure est analogue à celui du mécanisme portant la fraise d'un dentiste. L'extrémité de la fraise est comparable à l'élément d'extrémité du système-laser et le bras de l'appareil du dentiste est analogue au bras du robot. Le mécanisme de support de la fraise comporte un ensemble d'articulations qui peuvent se déplacer de façon que le système articulé parcourt la distance entre le moteur et la main du dentiste.

Une limite dans l'application du système décrit ci-dessus réside dans les positions relatives de la source lumineuse et du centre de mouvement du robot. Précisément lorsque le dentiste doit éviter de tourner complètement avec la fraise dans sa main, le robot doit être commandé pour que ses mouvements ne font pas que le bras dirigeant la lumière ait tendance à passer par le

robot lui-même et son bras. La présente invention a pour but de remédier à cette limitation combinant le bras dirigeant la lumière et le bras du robot pour que les deux bras puissent se déplacer en synchronisme et qu'il n'y ait pas de risque d'interférence réciproque.

D'autres développements de l'art antérieur dans le domaine de l'adaptation de la technique des robots aux applications lasers sont décrits dans "Laser Processing at Ford", par Michael Yessik et Duane J. Schmaty, Metal Progress, Mai 1975, pages 210-215. Des exemples de systèmes de manipulateur sont décrits aux brevets U.S 3 937 057 et 4 221 997. D'autres systèmes de robot sont décrits aux brevets U.S 4 260 319 et 4 076 131 ainsi que 4 089 427. Les inventions qui concernent en particulier les manipulateurs et les articulations de robot sont décrites aux brevets U.S 3 848 753, 3 777 618, 4 096,766.

La présente invention concerne de façon générale un bras de manipulateur de robot d'un type d'articulation particulière comprenant au moins deux membres articulés disposés à un angle prédéterminé et dont une extrémité est reliée à un point fixe, et dont l'autre extrémité porte une extrémité de manoeuvre, ce manipulateur utilisant un faisceau lumineux issu d'un point fixe pour l'extrémité de manoeuvre, le faisceau lumineux étant nécessaire au niveau d'une pièce à l'extrémité de manoeuvre, quelle que soit la position ou la distance ou l'orientation de l'extrémité de manoeuvre par rapport à la position fixe, ce dispositif étant caractérisé en ce que le membre se compose d'un premier et d'un second éléments creux, télescopiques d'axe commun, et le second élément est susceptible de tourner par rapport au premier élément autour de l'axe commun, le second élément pouvant effectuer un mouvement télescopique par rapport au premier élément, et le manipulateur

comporte une source lumineuse au niveau du point fixe, un élément réfléchissant avec une surface de miroir réfléchissant étant monté à la première et à la seconde extrémités de chaque membre, et des moyens pour régler
5 l'angle de montage de l'élément réfléchissant par rapport à l'axe commun, la source de lumière et les éléments réfléchissants étant montés de façon à établir et maintenir le faisceau lumineux toujours dans l'axe de
10 lumineux, en permettant n'importe quel type de mouvement de l'extrémité de manoeuvre par rapport au point fixe, le faisceau lumineux atteignant l'extrémité de manoeuvre sans être coupé par les membres articulés.

Suivant un mode de réalisation préférentiel décrit ci-après, il est prévu une articulation fixée en rotation à un élément de support ou bras. Un élément réfléchissant avec une surface de miroir est fixé à l'articulation de façon que la surface de miroir soit coupée par l'axe de mouvement autour duquel tourne
15 l'articulation par rapport à l'élément de support. En réglant l'angle de la surface de miroir par rapport à l'axe du mouvement, on obtient un faisceau de lumière, regroupé, qui se déplace suivant l'axe de mouvement et peut être réfléchi par la surface de miroir suivant
20 n'importe laquelle d'un ensemble infini de directions. L'élément réfléchissant est fixé à l'articulation et un angle prédéterminé, caractéristique de réflexion est déterminé pour le faisceau lumineux regroupé. Il est clair que lorsque l'élément d'articulation tourne autour
25 de l'axe du mouvement, le faisceau lumineux réfléchi, regroupé, est déplacé de façon à décrire une surface plane ou conique. Lorsque la surface de miroir fait un angle de 45° par rapport à l'axe de rotation, le faisceau réfléchi de lumière, regroupé correspond à un angle de
30 90° par rapport au faisceau incident et lorsque l'articu-

lation tourne autour de l'axe de mouvement, le faisceau réfléchi décrit en général une surface plane et l'axe de mouvement de l'articulation est perpendiculaire à cette surface.

5 Si l'élément de support décrit ci-dessus est un tube creux et que l'élément d'articulation est fixé à rotation à une extrémité, le faisceau de lumière regroupé peut passer par l'élément de support selon son axe longitudinal. Il est clair que cet axe longitudinal
10 coïncide également avec l'axe de mouvement de l'articulation.

Il est en outre clair qu'il est essentiel pour une application correcte de la présente invention, que le faisceau de lumière regroupé passe suivant l'axe
15 de mouvement de l'élément d'articulation. Cette caractéristique permet de tourner l'articulation suivant un angle quelconque autour de son axe de déplacement tout en maintenant un chemin clairement prédéterminé pour le faisceau de lumière laser réfléchi. Cela permet également
20 à un élément de support supplémentaire d'être fixé rigidement à l'articulation de façon à tourner avec l'articulation autour de l'axe de mouvement décrit ci-dessus. Cet élément de support supplémentaire permet à un second élément d'articulation d'être fixé à rotation, de sorte
25 que la surface-miroir d'un second élément réfléchissant puisse être placée dans la seconde articulation pour être coupée par un second axe de mouvement qui se trouve entre celui-ci et la surface de miroir de la première articulation, le faisceau-laser réfléchi passant suivant ce second
30 axe.

L'axe de mouvement de l'articulation optique coïncide avec celui du bras de robot auquel il est fixé. Dans un robot à articulations ou jonctions multiples, chaque segment du bras de robot est associé à un
35 segment droit du faisceau lumineux. Le segment de bras

et le segment de faisceau se déplacent en synchronisme. Le bras de robot peut être fixé à un élément tubulaire et l'articulation optique ou en variante les composants de celle-ci dirigeant la lumière peuvent être incorporés
5 dans le bras de robot lui-même.

Il est clair que la présente invention permet le passage d'un faisceau de lumière regroupé suivant les bras articulés d'un robot et de façon plus synchrone. Il est en outre clair que par un choix approprié
10 du type et du nombre d'articulations ou de jonctions décrites ci-dessus, on peut obtenir un robot permettant de fournir un faisceau-laser pratiquement à n'importe quel point de sa plage géométrique et suivant n'importe quel angle dans l'espace, vers ce point.

15 La présente invention sera décrite de façon plus détaillée à l'aide des dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une articulation optique selon un mode de réalisation de l'invention.
- 20 - la figure 2 montre une articulation optique selon l'invention, alignée avec un moteur et un moyen de support.
- la figure 3 montre un robot utilisant un ensemble d'articulations optiques selon un mode de
25 réalisation de l'invention.
- la figure 4 montre une articulation optique selon le mode de réalisation de l'invention, et qui est associée en coulissement avec un moyen de support.

De façon générale, la présente invention
30 concerne un dispositif de direction d'un faisceau lumineux et plus particulièrement une jonction ou une articulation utilisable dans un robot pour diriger le chemin d'un faisceau-laser regroupé.

La figure 1 montre un mode de réalisation
35 d'une articulation optique selon la présente invention.

L'articulation 10 se compose d'un élément de châssis 12 qui est fixé à rotation à un élément de support 14. L'élément de châssis 12 est représenté à la figure 1 comme ayant un prolongement tubulaire 16 qui lui est
5 fixé rigidement. Il est clair que ce prolongement 16 peut être réalisé en alternance sous la forme d'une partie intégrante du châssis 12 et que la figure 1 montre le prolongement 16 constituant un élément préférentiel mais non nécessaire. Le châssis 12 et l'élément de prolonge-
10 ment 16 sont montés à rotation sur l'élément de support 14. Le châssis 12 est monté de façon qu'il puisse tourner autour d'un axe de mouvement AM.

Dans la structure de châssis 12, il est prévu un élément réfléchissant 17. L'élément réfléchis-
15 sant 17 présente une surface de miroir 18 placée pour être traversée par l'axe de mouvement AM. L'élément réfléchissant 18 comporte un moyen pour régler sa position dans le châssis 12. A la figure 1, ce moyen de réglage est représenté sous la forme d'une paire d'éléments file-
20 tés 20 et 21 que l'on peut régler pour changer la position de l'élément réfléchissant 17 et de sa surface de miroir 18 par rapport à l'axe de mouvement AM du châssis ou plus précisément de l'élément de châssis 12.

L'élément de châssis 12 tel que représenté à la figure 1 peut tourner autour de l'élément de support 14 comme cela est représenté par la flèche R. Si un faisceau de lumière 24, regroupé, passe sur l'axe de mouvement AM et rencontre la surface de miroir 18, cela donne un faisceau lumineux réfléchi 25. Comme l'angle
25 d'indidence est égal à l'angle de réflexion, un angle N égal à 45° entre la surface de miroir 18 et l'axe de mouvement AM donne un faisceau réfléchi 25 qui est perpendiculaire au faisceau incident 24. Il est clair que bien que d'autres grandeurs de l'angle N puissent être envisa-
30 gées dans le cadre de la présente invention, un angle

droit entre le faisceau incident 24 et le faisceau réfléchi 25 est avantageux pour le présent exposé et y sera utilisé à cet effet.

Lorsque l'élément de châssis 12 tourne
5 autour de son axe de mouvement AM, le faisceau réfléchi 25 décrit un mouvement de balayage autour de l'axe de mouvement AM suivant une surface plane. Selon la rotation de l'élément de châssis 12 et de l'élément de prolongement 16 autour de l'axe de mouvement AM, le faisceau
10 réfléchi 25 peut être mis suivant n'importe laquelle des innombrables lignes s'étendant radialement de la surface de miroir 18.

La figure 1 montre également un élément tubulaire 28 relié à l'élément de châssis 12. Comme cela
15 sera décrit de façon plus détaillée ci-après, cet élément tubulaire 28 peut s'utiliser comme élément de support pour n'importe quel autre châssis ou élément réfléchissant de la même manière que l'élément de support 14 est utilisé pour constituer un support de rotation pour l'élément de châssis 12 et l'élément réfléchissant 17 représentés à cette figure. Il est ainsi clair qu'un ensemble d'articulations tel que celui représenté à la figure 1 peut être combiné pour diriger un faisceau lumineux regroupé dans une direction particulière, prédéterminée.
20 Il est évident qu'aussi longtemps que le faisceau de lumière incidente 24 est dirigé suivant l'axe de mouvement AM de la surface de miroir 18, son faisceau réfléchi 25 correspondant peut être renvoyé dans n'importe quelle direction parmi un nombre infini de directions. L'élément de châssis 12 de la figure 1 est également montré comme
30 ayant une ouverture d'entrée 30 et une ouverture de sortie 32 placées de façon qu'elles se combinent pour permettre le passage du faisceau incident 24 et du faisceau réfléchi 25 à travers l'élément de châssis 12.

35 La figure 2 montre l'application de la

présente invention à titre d'exemple à l'une des différentes articulations ou jonctions d'un système de robot. Un élément de support principal 40 constitue le support mécanique de l'assemblage de l'ensemble de l'articulation.

5 Comme représenté à la figure 2, L'élément principal de support 40 est directement fixé à un élément tubulaire 42 qui assure lui-même le support d'un élément d'articulation 43 formé d'une surface de miroir (non représentée à la figure 2, mais en détail à la figure 1). L'élément

10 d'articulation 43 tel qu'il est utilisé dans le système donné à titre d'exemple à la figure 2 n'est pas monté à rotation sur l'élément de tube 42 mais au lieu de cela il permet uniquement de réfléchir le faisceau de lumière incidente 44 perpendiculairement à son chemin initial.

15 En comparant la figure 1 et la figure 2, on voit que la structure d'articulation de la figure 2 est analogue à celle de l'élément de châssis 12 de la figure 1. De la même manière, l'élément d'articulation tubulaire 47 représenté à la figure 2 qui est placé entre les éléments

20 d'articulation 43 et 46 est analogue à l'élément de support fixe 14 de la figure 1. En d'autres termes, les éléments fondamentaux de la présente invention comme représenté à la figure 2 sont l'articulation 46 réunie à l'élément de support 47. Il est clair que comme représenté à la figure 2, l'articulation optique selon l'in-

25 vention peut s'appliquer à des articulations ou à des jonctions légèrement différentes pour faciliter l'envoi d'un faisceau de lumière regroupé dans l'une quelconque parmi une infinité de directions.

30 Le faisceau de lumière incidente 44 selon la figure 2 part de la source dans la direction de la flèche 48 en passant par l'élément tubulaire 42 et rencontre une surface de miroir à l'intérieur de l'articulation 43, surface qui est placée suivant un angle de

35 45° par rapport à la direction du faisceau de lumière

incidente 44. Le faisceau lumineux est alors réfléchi par cette surface de miroir ou surface réfléchissante suivant axe A4. Le faisceau lumineux suit l'axe A4 en direction de la surface de miroir ou surface réfléchissante à l'intérieur de l'articulation 46. Ce faisceau lumineux qui va de l'articulation 43 à l'articulation 46 traverse l'élément de support 47 se trouvant entre ces deux articulations. A l'intérieur de l'articulation 46, la surface de miroir fait un angle de 45° par rapport à l'axe A4 et réfléchit le faisceau lumineux suivant un angle de 90° par rapport à cet axe. Ce faisceau de lumière réfléchi 49 passe par l'ouverture de l'articulation 46 à travers l'élément tubulaire 50 et poursuit dans la direction représentée par la flèche 52. Bien que les composantes de l'articulation comme représenté à la figure 2 ne soient pas coupées, il est prévu pour des raisons de clarté que le chemin résultant du faisceau lumineux pénètre dans l'élément tubulaire 42 dans la direction représentée par la flèche 48 pour tomber sur la surface réfléchissante à l'intérieur de l'articulation 43 et être réfléchi suivant l'axe A4, passer à travers l'élément de support tubulaire 47 et tomber sur une autre surface de miroir qui se trouve à l'articulation 46 ; le faisceau est réfléchi suivant un angle de 90° par rapport à l'axe A4 dans la direction de la flèche 52.

La figure 2 montre également un moteur 54 utilisé pour faire tourner l'articulation 46 autour de l'axe A4. L'élément principal de support 40 est fixé à la culasse 56 solidaire en rotation de l'élément pivotant 58. Le moteur 54 est fixé rigidement à l'élément de culasse 56 et est relié à l'élément pivotant 58 de façon que le moteur 54 puisse exercer une force de rotation sur l'élément pivotant 58 et sur la plate-forme 60 qu'il porte. Comme représenté à la figure 2, la plate-forme 60 est fixée solidairement à l'articulation optique 46.

Cette structure permet au moteur 54 de faire tourner l'articulation 46 autour de l'axe A4. Comme décrit ci-dessus, cette caractéristique est importante pour le fonctionnement correct de la présente invention.

5 La figure 2 montre également la relation entre le bras de support 40 et la section droite du faisceau lumineux 44 s'étendant dans la direction de la flèche 48 et rencontrant la surface de miroir à l'intérieur de l'articulation optique 43. Le bras de support 40 et
10 l'élément tubulaire 42 sont réunis solidairement et se déplacent ainsi en synchronisme. Lorsque l'invention est appliquée à un système de robot utilisant un bras à plusieurs segments rigides, chaque segment doit être fixé de façon analogue aux composantes optiques qui con-
15 servent un chemin lumineux avec une géométrie constante par rapport aux segments du bras. De même, le faisceau lumineux sera dévié au niveau d'une articulation optique en un point sur l'axe de mouvement de l'articulation du bras de sorte que chaque segment de bras se déplace en
20 synchronisme avec le segment du faisceau lumineux correspondant.

 Comme l'articulation optique 46 tourne autour de l'axe A4 et que le faisceau lumineux correspond à l'axe A4, le faisceau lumineux rencontre un point de
25 la surface de miroir à l'intérieur de l'articulation 46 et ce point reste constant quelle que soit la rotation de l'articulation 46 autour de l'axe A4. C'est pourquoi, le faisceau de lumière réfléchi 49 reste dans une relation géométrique constante dans l'articulation 46 quelle que
30 soit sa position de rotation autour de l'axe A4.

 Bien que les articulations 43 et 46 qui sont montrées à la figure 2 n'aient été représentées en coupe, leurs pièces internes sont fonctionnellement identiques à celles représentées à la figure 1. Chaque arti-
35 culation comporte un élément réfléchissant ayant une sur-

face de miroir et chaque élément réfléchissant est réglable dans son élément de châssis respectif.

La figure 3 montre un robot utilisant un ensemble d'articulations optiques et mécaniques. Le robot
5 montré à titre d'exemple à la figure 3 se compose d'une base 80 qui est fixée rigidement à une surface telle que le sol d'un atelier. Le robot comporte un certain nombre de bras reliés en pivotement et qui sont associés en rotation à la base 80. Le système de robot comporte également
10 une articulation optique fixe 82, ainsi qu'un élément tubulaire 84 relié à cette articulation. Il est clair que l'élément de base 80, l'articulation optique 82 et son élément tubulaire 84 restent tous fixes pendant la mise en oeuvre du robot. Les autres bras reliés de façon
15 pivotante et les éléments de support correspondants de ce système de robot représenté à la figure 3 sont libres de tourner autour de l'axe A1.

Un faisceau lumineux regroupé 86 est introduit dans le système de robot suivant la direction
20 de la flèche 87. Ce faisceau lumineux 86 passe par l'élément tubulaire 84 et par l'articulation 82. Il est clair que chacune des articulations optiques représentées à la figure 3 comporte un élément interne, réfléchissant ayant une surface de miroir. Dans cet exemple, chacune
25 des articulations optiques présente une surface de miroir inclinée suivant un angle de 45° par rapport au faisceau lumineux incident respectif. Cette configuration géométrique donne un angle de réflexion de 90° entre chaque faisceau lumineux incident arrivant dans l'articulation
30 optique et le faisceau réfléchi. C'est pourquoi comme le passage du faisceau lumineux est décrit par rapport au robot représenté à la figure 3, il est clair qu'au niveau de chaque articulation optique, le faisceau lumineux sera réfléchi suivant un angle de 90° entre son
35 chemin incident et son chemin réfléchi.

Le faisceau lumineux 86 qui pénètre dans l'articulation 82 est réfléchi vers le bas suivant l'axe A1 à travers l'élément tubulaire 88 et dans l'articulation 89. Comme représenté, l'articulation 89 est reliée en rotation à l'élément tubulaire 88 de façon à pouvoir tourner autour de l'axe A1. Lorsque le faisceau lumineux rencontre la surface de miroir à l'intérieur de l'articulation 89, il est réfléchi par l'élément de support 90 et l'articulation 92. Comme l'axe A1 est vertical selon la figure 3 et que le faisceau lumineux 86 pénètre dans l'élément tubulaire 84 dans la direction horizontale, le faisceau se déplace en direction horizontale entre l'articulation 89 et l'articulation 92.

Comme le faisceau lumineux se déplace suivant l'axe A1, lorsqu'il rencontre la surface de miroir de l'articulation 89, son point d'incidence de la surface de miroir reste constant pendant que l'articulation 89 tourne autour de l'axe A1. Il est clair que ce passage du faisceau de lumière incidente suivant l'axe de rotation de l'articulation et de sa surface de miroir est un élément important de la présente invention en ce qu'il maintient constante la position du point là où le faisceau lumineux rencontre la surface de miroir quelle que soit la position de rotation de l'articulation 89. C'est pourquoi, le faisceau de lumière réfléchi qui, dans ce cas, va de l'articulation 89 à l'articulation 92, reste dans une position constante par rapport à la surface de miroir et de l'articulation 89. Après avoir traversé l'articulation 92 et avoir rencontré sa surface réfléchissante, le faisceau lumineux est dévié verticalement vers le bas à travers l'élément tubulaire 94 et dans l'articulation 96. Comme le montre la figure 3, l'articulation 92, l'élément tubulaire 94 et l'articulation 96 sont fixés rigidement l'un à l'autre et se déplacent en bloc. Il est clair pour cela que cette combinaison rigide

d'articulations et d'éléments tubulaires ne présente pas d'elle-même le principe de base de la présente invention. La combinaison des articulations sert à décaler le passage du faisceau lumineux de sa direction horizontale entre les articulations 89 et 92 vers une position plus basse. Le faisceau lumineux descendant verticalement qui traverse l'élément tubulaire 94 et arrive sur l'articulation 96 est dévié par l'élément réfléchissant de cette articulation dans la direction horizontale à travers l'élément tubulaire intermédiaire vers l'articulation 98. Le faisceau lumineux qui passe de l'articulation 96 à l'articulation 98 se déplace suivant l'axe A2 qui est également l'axe de mouvement de l'articulation 98. Cette rotation de l'articulation 98 est engendrée par la force motrice exercée par le moteur 100 dont l'axe de rotation coïncide avec l'axe A2. Il est clair pour cela que le passage du faisceau lumineux entre l'articulation 96 et l'articulation 98 se fait dans un plan horizontal passant par l'axe A2 ; ce plan est parallèle au plan horizontal en contenant le faisceau lumineux initial 86 lorsque celui-ci pénètre dans l'élément tubulaire 84. Ces deux plans horizontaux sont évidemment perpendiculaires à l'axe de mouvement A1 autour duquel tournent les composants mobiles du robot. Pendant que les composants mobiles du robot tournent autour de l'axe A1, le faisceau lumineux qui se déplace horizontalement entre les articulations 96 et 98 tout en restant dans son plan horizontal constant, s'écarte de l'axe A1 dans différentes directions angulaires.

La rotation du moteur 100 se traduit par un mouvement du bras de support 102 et de l'élément tubulaire 104 autour d'un point de rotation situé sur l'axe A2. Lorsque le faisceau lumineux sort de l'articulation 98 suivant un angle de 90° par rapport à l'axe A2, il passe par l'élément tubulaire 104 et pénètre dans l'arti-

culatation 106. Il est clair que lorsque l'élément tubulaire 104 tourne sous l'effet du moteur 100, le bras de support 102 et son élément de culasse 106 tournent également autour de l'axe A2, de sorte que le moteur 108
5 reste constamment aligné avec l'articulation 106, l'axe A3 passant par ces deux composants. L'axe de rotation du moteur 108 et de l'articulation 106 coïncident tous deux avec l'axe A3 et le faisceau lumineux qui est réfléchi par la surface de miroir de l'articulation 106 dans
10 l'articulation 108 se déplace également suivant l'axe A3. Lorsque le faisceau lumineux passe de l'articulation 106 à l'articulation 109 suivant l'axe A3, il traverse un élément intermédiaire 110 qui peut être relié à rotation à l'articulation 106 ou à l'articulation 109 et être
15 fixé rigidement à l'autre articulation. Bien que l'articulation 106 soit fixée rigidement à l'élément tubulaire 104, l'articulation 109 est libre de tourner autour de l'axe A3 du fait de la rotation du moteur 108. Comme le montre la figure 3, la rotation du moteur 108 fait tourner le bras de support 40 et l'élément tubulaire 42 autour
20 de l'axe A3.

Il est clair que l'axe A4 et les composants correspondants sont identiques à ceux représentés à la figure 2. Comme décrit ci-dessus à l'aide de la
25 figure 2, le moteur 54 fixé à l'élément pivotant 58 fait tourner l'articulation 46 autour de l'axe A4 du fait de la liaison entre l'élément pivotant 58 et l'articulation 46 par l'élément de plate-forme 60. Le faisceau lumineux qui va de l'articulation 106 à l'articulation 109 est
30 réfléchi suivant un angle de 90° par rapport à l'axe A3 et passe par l'élément tubulaire 42 avant de rencontrer la surface de miroir de l'élément réfléchissant dans l'articulation 43. Comme décrit ci-dessus, la lumière qui passe par l'articulation 43 est réfléchie à travers
35 l'élément tubulaire 47 dans l'articulation 46 qui en

assure la déviation d'un angle de 90° par rapport à l'axe A4 ; puis, la lumière traverse l'élément tubulaire 50.

Le robot représenté à la figure 3 comporte également des articulations optiques 110, 114, 118 et 122. Ces articulations optiques sont formées des éléments tubulaires 112, 116 et 120 qui sont reliés en rotation l'un à l'autre mais ne sont pas nécessairement entraînés automatiquement dans la direction de rotation relative au cours du fonctionnement du robot représenté à la figure 3. Ces articulations optiques peuvent être entraînées par le moteur au cours de son fonctionnement mais peuvent également être bloquées dans des positions de rotation déterminées par rapport aux articulations optiques correspondantes. Ce choix dépend de l'application particulière du robot. En tenant compte de cette considération, il est clair que les articulations optiques 114 et 118 peuvent tourner l'une par rapport à l'autre autour de l'axe A7 et les articulations optiques 118 et 122 peuvent tourner l'une par rapport à l'autre autour de l'axe A6.

Lorsque le faisceau lumineux va de son point d'entrée dans l'élément tubulaire 84 à travers tous les éléments tubulaires intermédiaires et les articulations optiques pour arriver en définitive dans l'articulation 122, le faisceau lumineux est regroupé et conserve une section essentiellement constante. Toutefois pour pouvoir être utilisé, il faut focaliser le faisceau lumineux 126 au point d'utilisation 128. Cette focalisation du faisceau lumineux regroupé 86 en un faisceau lumineux focalisé 126 est effectuée par des lentilles de focalisation adéquates, lentilles logées dans l'élément de focalisation 124. Il est clair que le type particulier de mécanisme de focalisation utilisé dans l'élément de focalisation 124 n'est pas un élément critique de la présente invention et un robot réalisé selon l'invention peut utiliser de multiples procédés de focalisation. Parmi

les différents procédés de focalisation, il y a l'utilisation d'une surface parabolique réfléchissante donnant un décalage axial de 90° comme cela est connu des spécialistes. Il est clair que le dispositif de focalisation
5 particulier dépend de l'application de la présente invention.

Selon la figure 3, la présente invention s'applique à de multiples exemples. L'articulation optique 89 est fixée rigidement au bras de robot 130 et le
10 faisceau de lumière incidente se trouve sur l'axe A1 qui est l'axe de mouvement à la fois du bras 130 et de l'articulation optique 89. Cet axe principal A1 du système de robot représenté à la figure 3 est commun aux multiples exemples de l'invention. Pour chaque rotation autour de
15 l'axe de mouvement, on voit les éléments fondamentaux de l'invention. Ces éléments sont l'association synchrone d'une articulation optique et d'une articulation mécanique, avec une surface réfléchissante placée dans l'articulation optique et une relation géométrique constante
20 entre le bras de robot et un segment du faisceau lumineux regroupé tombant sur la surface réfléchissante.

La figure 4 montre un autre mode de réalisation de l'invention. Ce mode de réalisation se compose de deux articulations optiques 140 et 142 qui
25 sont mobiles axialement l'une par rapport à l'autre. En supposant que l'articulation 140 soit fixe dans l'espace, on peut déplacer l'articulation 142 pour la rapprocher ou l'écarter de l'articulation 140 suivant l'axe de mouvement A8 dans la direction représentée par la flèche 144.
30 En d'autres termes, l'articulation 142 peut prendre notamment les positions représentées par les références numériques 142 et 142'. Lorsqu'un faisceau lumineux incident 146 arrive dans la direction de la flèche 148 et passe par l'élément tubulaire 150 pour arriver dans l'articulation
35 140, il rencontre un élément réfléchissant 152 et

est réfléchi suivant un angle de 90° donnant le faisceau lumineux 154. Ce faisceau lumineux 154 traverse un élément tubulaire 156 suivant l'axe de mouvement A8 et arrive dans l'articulation 142. La figure 4 montre que

5 l'articulation 142 est fixée rigidement à l'élément tubulaire 158 et ce dernier coulisse par rapport à l'élément tubulaire 156. Comme ces deux éléments tubulaires coulis-

10 sants se déplacent axialement l'un par rapport à l'autre dans la direction représentée par la flèche 144, l'articulation 142 se rapproche ou s'écarte de l'articulation 140. Aussi longtemps que l'élément réfléchissant 160 de l'articulation 142 est placé suivant un angle constant de 45° par rapport au faisceau lumineux 154, le faisceau lumineux réfléchi 162 passe de l'élément réfléchissant

15 160 et sort par l'articulation optique 142 et l'élément tubulaire 164 dans une direction qui fait un angle de 90° par rapport au faisceau lumineux 154. C'est pourquoi, pendant que l'articulation optique 142 se déplace dans la direction axiale par rapport à l'articulation optique

20 140, le faisceau lumineux 162, dévié, qui en résulte se déplace suivant un chemin linéaire. Il est clair que l'articulation 142 qui est représentée en pointillés à la figure 4 et les composants correspondants portant des références numériques avec un prime (') représentent une

25 autre position de cette articulation optique.

La configuration de la figure 4 peut également être prévue dans un montage en rotation de l'élément tubulaire 158 et de l'élément tubulaire 156. Cette combinaison en rotation doit permettre à l'articulation optique 142 et à son élément tubulaire correspon-

30 dant 158 de tourner par rapport à l'élément tubulaire 156 comme cela est représenté par la flèche 170. Aussi longtemps que le faisceau lumineux 154 se déplace suivant l'axe de mouvement A8 qui est également l'axe de mouve-

35 ment de l'articulation optique 142, le faisceau de lumière

réfléchi 162 reste dans une position fixe par rapport à l'articulation 142 et peut être utilisé en combinaison avec d'autres articulations de structure analogue, comme cela a été indiqué ci-dessus. Bien que le mode de réalisation particulier de la présente invention, représenté à la figure 4 utilise à la fois le mouvement axial et le mouvement de rotation pour l'articulation 142, il est clair que ces deux mouvements ne sont pas nécessairement combinés dans un système fournissant un faisceau lumineux selon la présente invention. Par exemple, un dispositif fournissant un faisceau lumineux selon la présente invention peut utiliser un ou plusieurs axes rectilignes sans axes de rotation ou encore un ensemble d'axes de rotation (comme représenté à la figure 3) et pas d'axes rectilignes. Il est clair que l'utilisation de l'expression "axial" dans la présente description s'applique au mouvement d'une articulation optique dans une direction parallèle à celle du faisceau lumineux incident.

La configuration représentée à la figure 4 correspond à une variante de réalisation de l'invention qui permet le mouvement axial de l'articulation optique. Aussi longtemps que le faisceau lumineux incident se trouve sur l'axe de mouvement A8 de l'articulation optique, l'invention fonctionne correctement. L'axe de mouvement peut être soit un axe de mouvement axial ou de mouvement de rotation ou encore une combinaison des deux mouvements. Il est clair que bien qu'aucun moteur n'ait été représenté à la figure 4, la présente invention envisage leur mise en place pour permettre de déplacer les articulations optiques selon l'invention autour d'un axe de mouvement A8 qui coïncide avec le faisceau de lumière regroupé arrivant sur la surface de miroir de l'articulation optique selon l'invention.

Il est important de savoir que l'articulation optique selon l'invention peut s'appliquer à de

nombreux appareils fonctionnellement différents dans la mesure où ces éléments fondamentaux sont conservés. Une articulation optique selon l'invention, suivant les modes de réalisation ci-dessus, comporte un élément réfléchissant fixé à son élément de châssis pour que le faisceau de lumière incidente pénétrant dans l'articulation optique tombe sur la surface de miroir et soit réfléchi par cette surface. En outre, le faisceau lumineux incident qui arrive dans l'articulation optique selon l'invention se déplace suivant une ligne qui est également l'axe de rotation ou l'axe de translation de l'élément de châssis de l'articulation. Cette caractéristique fait que le faisceau de lumière incidente rencontre un point fixe de la surface de miroir quels que soient sa rotation ou son déplacement axial suivant cet axe. L'avantage de ce point constant est que le faisceau lumineux dévié reste dans une position constante par rapport à la rotation ou au déplacement axial de l'articulation optique ainsi déplacée et sa position dans l'espace peut être réglée de façon précise. Sans cette constante de la position de ce point, le mouvement résultant du faisceau lumineux peut être différent à la fois en direction et en amplitude par rapport au mouvement exécuté par l'articulation optique.

Dans tout l'exposé ci-dessus, l'expression "axe de mouvement" a été utilisée pour décrire le chemin suivant lequel doit passer le faisceau de lumière regroupé. Il est clair que cette expression s'applique de la même manière à un axe de rotation ou à un axe de mouvement rectiligne. Dans les applications dans lesquelles l'articulation optique est une articulation de rotation, l'axe de mouvement est l'axe de rotation de l'articulation et le faisceau de lumière incidente doit parcourir un chemin coïncidant avec cet axe. Pour une application dans laquelle le mouvement de l'articulation opti-

que est rectiligne, l'axe de mouvement est l'axe de déplacement de l'articulation. Dans ce dernier cas, le faisceau de lumière doit passer suivant l'axe mais il est clair que dans les applications à déplacement rectiligne, l'axe de mouvement peut se situer sur l'une des nombreuses lignes parallèles. C'est pourquoi l'expression "axe de mouvement" peut avoir des significations différentes suivant le type de mouvement. Le chemin lumineux dans une application à mouvement de rotation doit coïncider exactement avec l'axe de mouvement de l'articulation c'est-à-dire son axe de rotation pour assurer une rotation correcte selon l'invention. Toutefois comme on peut avoir plus d'un axe de mouvement (en général un axe de déplacement rectiligne) dans des articulations à mouvement rectiligne, le faisceau lumineux peut se trouver sur n'importe quel chemin parallèle à la direction de mouvement de l'articulation et qui permet au faisceau de tomber sur la surface de miroir de l'articulation. Il est clair pour cela que l'expression "axe de mouvement" utilisée ici signifie soit un axe de rotation, soit un axe de mouvement rectiligne suivant l'application particulière de la présente invention.

En résumé, la présente invention concerne un moyen permettant de diriger un faisceau de lumière regroupé suivant un chemin décrit par des bras de support et qui peuvent se déplacer suivant des relations angulaires variables. Dans un système de robot à plusieurs segments de bras, cette caractéristique permet de diriger un faisceau lumineux suivant un chemin réfléchi coïncidant ou parallèle aux segments de bras du système de robot et chaque segment du faisceau lumineux se déplace en synchronisme avec un segment de bras correspondant. Il est en outre clair que la présente invention permet d'enfermer complètement le faisceau de lumière regroupé de façon que le faisceau lumineux soit protégé vis-à-vis des poussières ou impuretés en suspension dans l'air.

RE V E N D I C A T I O N S

1°) Dispositif à bras de manipulateur

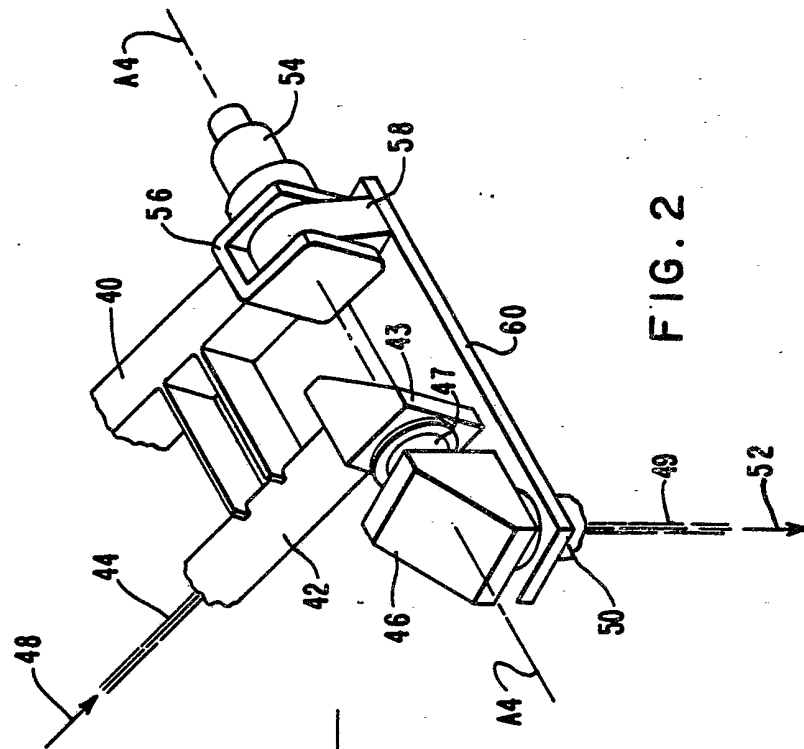
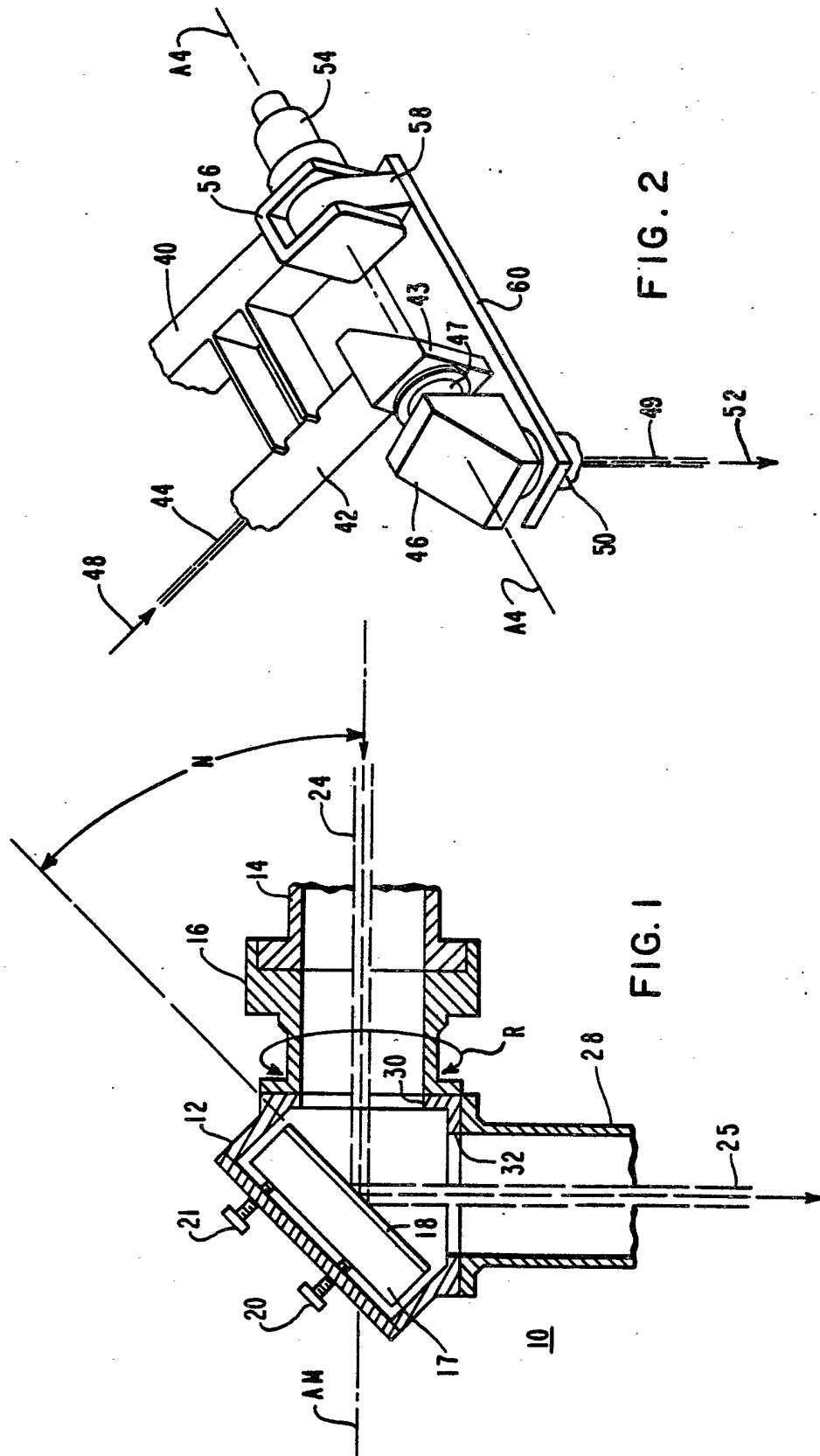
de robot, articulés, comportant au moins deux membres (12-14) articulés disposés suivant un angle prédéterminé et
5 reliés à une extrémité à un point fixe, l'autre extrémité portant un élément de manoeuvre, ce manipulateur utilisant un faisceau lumineux (24) fourni à l'élément de manoeuvre à partir d'un point fixe, le faisceau lumineux étant nécessaire au niveau d'une pièce du côté de l'extrémité
10 de manoeuvre, quelles que soient la position, la distance et l'orientation de l'extrémité de manoeuvre par rapport à la position fixe, dispositif caractérisé en ce que chaque membre se compose d'un premier et d'un second éléments creux télescopiques ayant un axe commun, le second élément
15 (12) pouvant tourner par rapport au premier élément (14) autour de l'axe commun AM et le second élément pouvant effectuer un mouvement télescopique par rapport au premier élément, le manipulateur comportant une source de lumière située au point fixe, un élément réfléchissant (17) ayant une
20 surface de miroir (18) réfléchissante, montée à la première et à la seconde extrémités de chaque membre et un moyen (20(21) pour régler l'angle de l'élément réfléchissant (17) par rapport à l'axe commun AM, la source lumineuse et l'élément réfléchissant étant montés de façon à définir et conser-
25 ver le faisceau lumineux toujours suivant un axe de n'importe quel membre creux (25) à travers lequel passe le faisceau lumineux, si bien que pour n'importe quel type de mouvement autorisé de l'extrémité de manoeuvre par rapport à la position fixe, le faisceau lumineux atteint
30 l'extrémité de manoeuvre et n'est jamais coupé par les membres articulés.

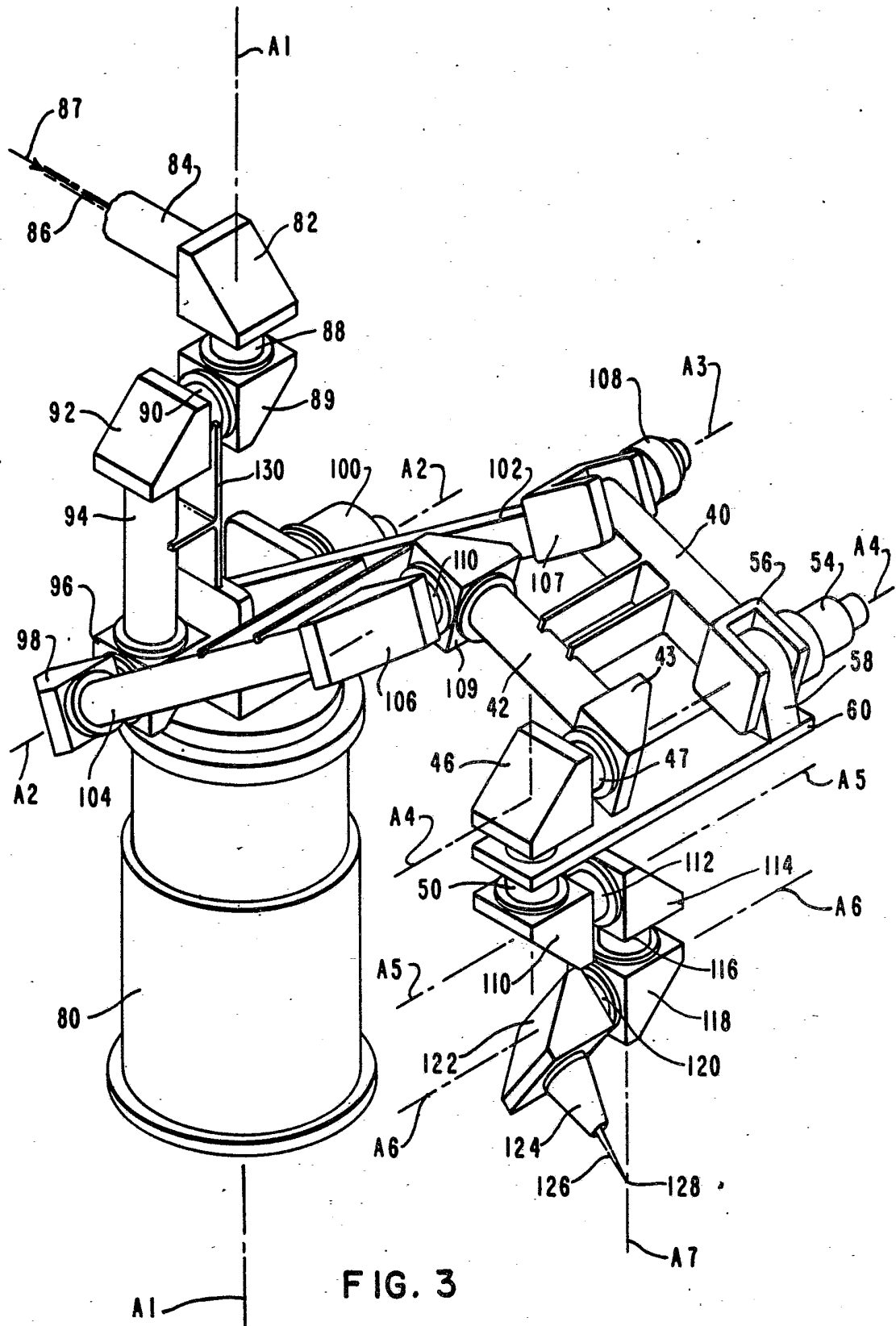
2°) Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen (20-21) pour régler la position de l'élément réfléchissant (17) par rapport à
35 l'élément creux (28).

3°) Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le moyen de réglage(20-21) comporte au moins un élément fileté relié à l'élément réfléchissant(17) et coopérant par vissage avec l'élément creux (28).

5 4°) Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un élément de support (14) dont la forme permet le passage du premier faisceau lumineux (14), l'élément de support étant fixé à l'élément creux, de façon mobile.

10 5°) Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen pour déplacer chaque membre, ce moyen étant un moteur (54) dont le rotor est coaxial à l'axe de mouvement.





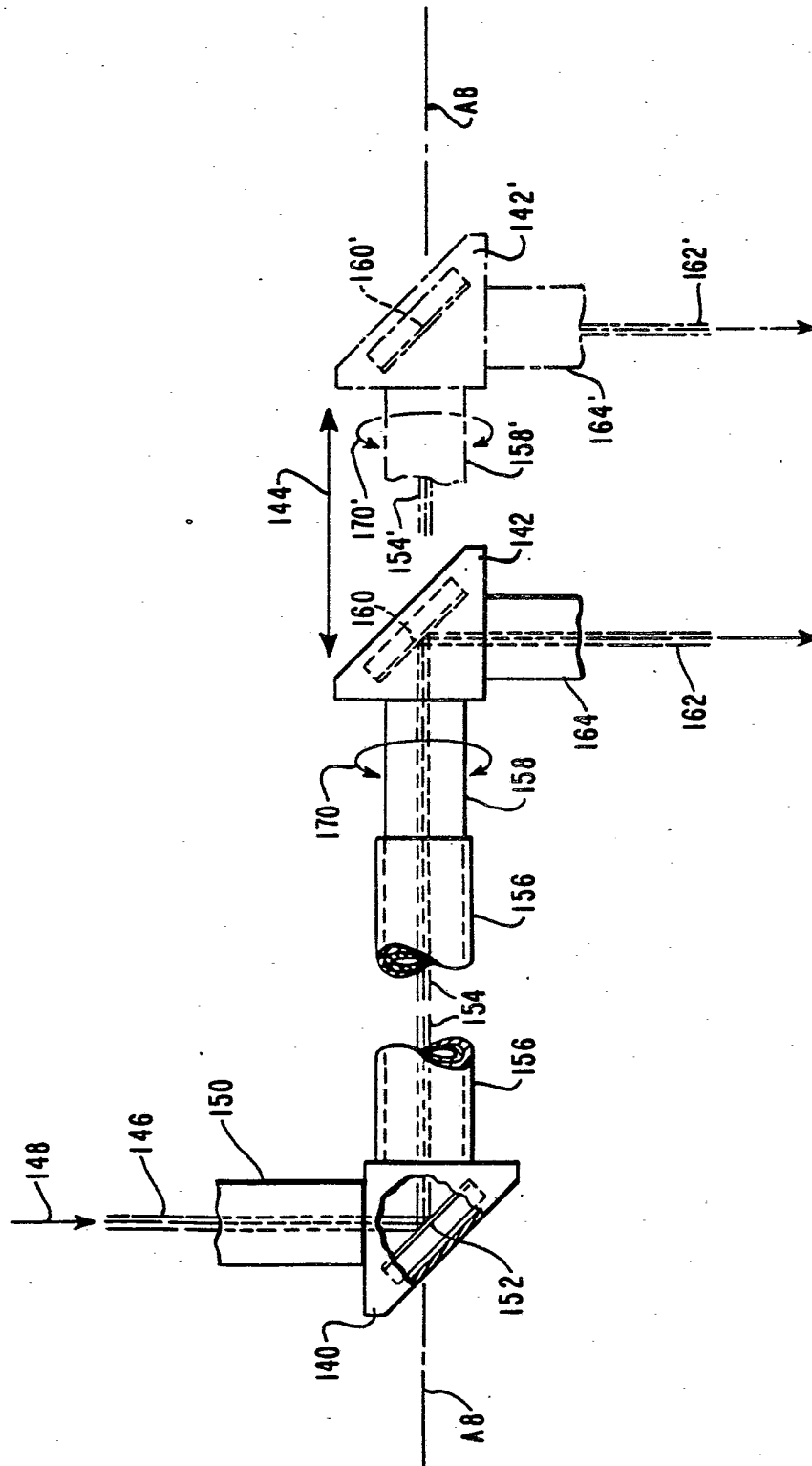


FIG. 4