



- (51) Classification internationale des brevets :  
B25J 9/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2017/052735
- (22) Date de dépôt international :  
05 octobre 2017 (05.10.2017)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1659660 06 octobre 2016 (06.10.2016) FR
- (71) Déposants : ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE MECANIQUE ET DES MICROTECHNIQUES [FR/FR] ; 26 rue de l'Épitaphe, 25030 BESANCON Cedex
- (72) Inventeurs : LAURENT, Guillaume ; 7, chemin de la Naitoure, 25000 BESANCON (FR). DAHMOUCHE, Redwan ; 29A avenue Montrapon, 25000 BESANCON (FR). HAOUAS, Wissem ; Bât. Fanart, 19 chemin de l'épitaphe, 25000 BESANCON (FR). PIAT, Nadine ; 11 rue Mouthier, 25660 FONTAIN (FR).
- (74) Mandataire : CABINET PLASSERAUD ; 235 Cours Lafayette, 69006 LYON (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: PARALLEL ROBOTIC WRIST WITH FOUR DEGREES OF FREEDOM

(54) Titre : POIGNET ROBOTIQUE PARALLELE A QUATRE DEGRES DE LIBERTE

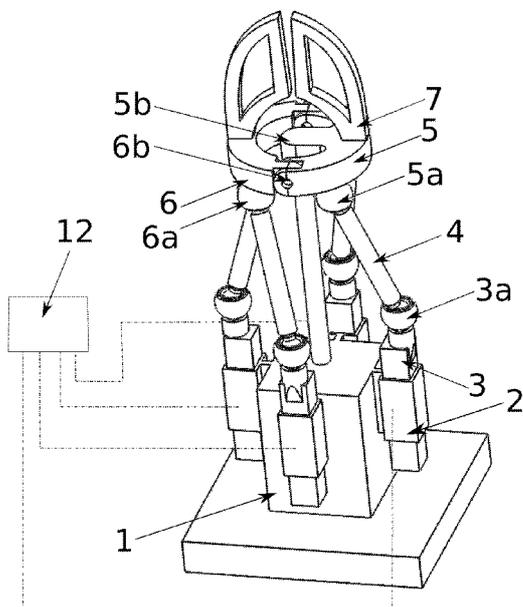


Figure 1

(57) Abstract: The device allows the movement of a first movable élément (5) about a point with three degrees of rotational freedom and the rotation of a second movable élément (6) about the first movable élément (5) with one degree of freedom, in order to orient and actuate a working élément (7) for gripping or cutting. The device includes at least one base élément (1), two movable éléments (5) and (6), and four actuators (23) each including a stationary portion (2) and a movable portion (3). The stationary portion of each actuator is rigidly connected to the base élément (1), the movable portion of each of same being securely attached to a linking élément (4) by means of a ball-and-socket joint (3a). The linking éléments (4) are connected to one of the movable éléments (5) and (6) via a ball-and-socket joint (5a) or (6a). At least one of the linking éléments (4) is connected via a ball-and-socket joint (5a) to the first movable élément (5). At least one of the linking éléments (4) is connected via a ball-and-socket joint (6a) to the second movable élément (6). The first movable élément (5) is connected to the base élément (1) via a ball-and-socket joint (5b). The movable éléments (5) and (6) are connected to one another by a pivot joint (6b). The joints (3a), (5a) and (6a) are arranged so that the rotation of the first movable élément (5) with three degrees of freedom as well as the rotation between the movable éléments (5) and (6) can thus be controlled by the movement of the movable portions (3) of the actuators controlled by a management computer (12).

(57) Abrégé : Le dispositif permet le déplacement d'un premier élément mobile (5) autour d'un point selon trois degrés de liberté en rotation et la rotation d'un deuxième élément mobile (6) autour du premier élément mobile (5) selon un degré de liberté, dans le but d'orienter et d'actionner un élément de travail



HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

---

(7) de préhension ou de découpe. Le dispositif comporte au moins un élément de base (1), deux éléments mobiles (5) et (6), quatre actionneurs (23) comportant chacun une partie fixe (2) et une partie mobile (3). La partie fixe de chaque actionneur est solidaire de l'élément de base (1), la partie mobile de chacun d'eux étant rendue solidaire d'un élément de liaison (4) par l'intermédiaire d'une articulation rotule (3a). Les éléments de liaison (4) sont reliés à l'un des éléments mobiles (5) et (6) par l'intermédiaire d'une articulation rotule (5a) ou (6a). Au moins l'un des éléments de liaison (4) est relié par l'intermédiaire d'une articulation rotule (5a) au premier élément mobile (5). Au moins l'un des éléments de liaison (4) est relié par l'intermédiaire d'une articulation rotule (6a) au deuxième élément mobile (6). Le premier élément mobile (5) est relié à l'élément de base (1) par l'intermédiaire d'une articulation rotule (5b). Les éléments mobiles (5) et (6) sont liés entre eux par une liaison pivot (6b). Les articulations (3a), (5a) et (6a) sont agencées de façon à ce que la rotation du premier élément mobile (5) selon trois degrés de liberté ainsi que la rotation entre les éléments mobiles (5) et (6) puissent ainsi être commandées par le déplacement des parties mobiles (3) des actionneurs pilotés par un ordinateur de gestion (12).

## POIGNET ROBOTIQUE PARALLELE A QUATRE DEGRES DE LIBERTE

L'invention concerne une structure robotique permettant de déplacer un outil de type pince ou cisaille autour d'un point selon trois degrés de liberté en rotation et d'actionner cet outil selon un degré de liberté en rotation, les moteurs d'entraînement étant fixes et  
5 disposés à la base de la structure. L'invention peut notamment mais pas exclusivement être mis en œuvre dans le domaine médical pour réaliser des opérations de chirurgie mini-invasive.

La plupart des dispositifs que l'on connaît, tels que par exemple les principaux robots industriels connus, comporte un élément porteur supportant un poignet lui-même portant  
10 un outil de préhension, l'élément porteur comportant trois axes dits principaux destinés à définir trois degrés de liberté qui peuvent être des rotations et/ou des translations, de façon à positionner le poignet dans l'espace, l'orientation dudit poignet étant à son tour commandée par un à trois axes dits secondaires, selon un à trois degrés de liberté supplémentaires qui sont nécessairement des rotations, l'outil pouvant comporter un axe  
15 supplémentaire permettant le serrage d'une pince.

Dans ces dispositifs, la commande des degrés de liberté du poignet et de l'outil de préhension se fait en série. Le poignet, dont la configuration peut être sphérique (axes concourants) ou non, est utilisé pour définir l'orientation de l'outil.

Cette configuration en série nécessite la localisation des moteurs d'entraînement au  
20 niveau de chaque axe ou demande une configuration lourde et encombrante pour la transmission du mouvement aux axes du poignet, et, par conséquent, même dans le cas de préhension d'une petite charge, des masses importantes doivent être mises en mouvement.

On connaît d'autre part un dispositif de configuration semblable à celle d'un simulateur de vol, comportant six axes travaillant en parallèle. Dans ce cas, les moteurs peuvent être  
25 fixes, ce qui limite les masses à mettre en mouvement. Cependant, ce genre de dispositif ne permet pas d'actionner d'un outil de préhension à l'aide des moteurs disposés sur sa base fixe.

Un dispositif dans lequel la commande des trois degrés de liberté de base s'effectue en parallèle est décrit dans le brevet US2286571. Ce dispositif est destiné au positionnement  
30 et à la commande du mouvement d'un pistolet à peinture. Il comprend trois actionneurs solidaires d'un élément de base, chacun des actionneurs comportant une partie fixe et un

bras mobile monté en rotation à l'une de ses extrémités sur la partie fixe de l'actionneur. Sur la seconde extrémité de chacun des bras sont montés respectivement trois barres de liaison par l'intermédiaire d'articulations du type cardan montées respectivement à l'une des extrémités des barres de liaison. Deux des barres de liaison sont montées en articulation à leur seconde extrémité sur la troisième barre de liaison, près de sa seconde extrémité. Le support de pistolet est monté en articulation à l'extrémité de la troisième barre de liaison. Ce genre de dispositif ne permet pas d'actionner directement un outil de préhension à l'aide des actionneurs disposés sur sa base fixe.

Le brevet WO1987003528A1 (autre référence : US4976582) décrit un autre dispositif dans lequel la commande des trois degrés de liberté de base s'effectue en parallèle. Ce dispositif comporte un élément de base, un élément mobile et trois actionneurs comportant chacun une partie fixe et une partie mobile, la partie fixe de chaque actionneur étant solidaire de l'élément de base, la partie mobile de chacun d'eux étant rendue solidaire de l'élément mobile par l'intermédiaire d'un élément de liaison, chacun des éléments de liaison étant monté en articulation de type cardan d'une part sur la partie mobile de l'actionneur et monté en articulation d'autre part sur l'élément mobile, l'ensemble étant agencé de façon que l'inclinaison et l'orientation dans l'espace de l'élément mobile restent inchangées, quels que soient les mouvements des parties mobiles des actionneurs. Ce dispositif est adapté pour le transfert de pièces légères à des cadences très élevées mais ne permet pas ni l'orientation de l'outil de préhension ni son actionnement à l'aide des actionneurs disposés sur sa base fixe.

On connaît également un dispositif (brevet US65 16681) similaire au précédent comportant quatre éléments actionneurs et liaisons parallèles permettant en plus la rotation de l'élément mobile selon un axe vertical mais ne permet pas ni la rotation de l'outil selon les deux autres degrés de liberté en rotation ni son actionnement à l'aide des actionneurs disposés sur sa base fixe.

Enfin, le document US-A-2004 0253079, qui représente l'art antérieur le plus proche, présente un dispositif comprenant un élément de base, deux éléments mobiles montés en rotation l'un avec l'autre, trois actionneurs comportant chacun une partie fixe solidaire de la base et une partie mobile rendue chacune solidaire d'un élément de liaison par l'intermédiaire d'une articulation rotule, l'un des éléments de liaison étant monté en articulation rotule sur le premier élément mobile, les deux autres sur le deuxième, le

premier élément mobile étant monté en articulation rotule sur l'élément de base. Dans ce dispositif connu, la rotation du premier élément mobile selon deux degrés de liberté ainsi que la rotation entre les éléments mobiles sont commandés via les éléments de liaison par le déplacement des parties mobiles des actionneurs. Par conséquent, le dispositif  
5 revendiqué se distingue de cet art antérieur en ce qu'il comporte au moins un quatrième actionneur similaire aux trois autres. L'agencement d'un quatrième actionneur permet d'effectuer une rotation des deux éléments mobiles autour de l'axe longitudinal, à la différence du dispositif connu qui suggère une rotation de l'ensemble du dispositif autour de son axe. Ainsi, le dispositif revendiqué permet d'améliorer la dynamique du dispositif  
10 en réduisant les masses en mouvement.

La présente invention est un poignet robotique parallèle qui permet de réaliser le déplacement d'éléments de travail autour d'un point selon trois degrés de liberté en rotation et d'actionner une fonction de préhension ou de coupe, les actionneurs étant disposés sur la partie fixe de la structure. La fonctionnalité de préhension est assurée par la  
15 rotation de deux éléments mobiles autour d'une liaison pivot qui fait partie de l'architecture mécanique elle-même et peut être entièrement contrôlée par des moteurs d'entraînement situés loin de l'outil. De ce fait, cette structure peut être exploitée dans des nombreuses applications nécessitant la préhension d'objet (pince) ou le découpage (cisaille) et où l'encombrement des moteurs est un problème. Aucun des dispositifs connus  
20 ne présente de telles caractéristiques.

Pour ce faire, le système robotisé comprend :

- un élément base,
- un premier élément mobile et un deuxième élément mobile sur lesquels des éléments de travail sont disposés, les éléments de travail étant ainsi déplaçables dans une  
25 pluralité de positions entre une position ouverte dans laquelle ils sont écartés l'un de l'autre, et une position fermée dans laquelle ils sont rapprochés l'un de l'autre,
- une structure de liaison reliant les éléments mobiles à la base de telle manière que les éléments mobiles puissent être déplacés par rapport à la base.

Selon l'invention, les deux éléments mobiles sont déplaçables l'un par rapport à l'autre  
30 et la structure de liaison est adaptée pour :

- déplacer le premier élément mobile en rotation autour d'un centre de rotation dans une pluralité d'orientations par rapport à l'élément de base ;
- déplacer les éléments mobiles l'un par rapport à l'autre de telle manière qu'à chaque orientation du premier élément mobile corresponde une pluralité d'orientations du deuxième élément mobile.

Selon des dispositions particulières, la structure de liaison comprend au moins quatre mécanismes de liaison reliant les éléments mobiles à l'élément de base. Chaque mécanisme de liaison comprend :

- un actionneur ou tout autre dispositif d'entraînement, composé d'une partie fixe et d'une partie mobile,
- un élément de liaison présentant deux extrémités opposées reliées respectivement à la partie mobile et à un des éléments mobiles par deux articulations présentant chacune au moins deux degrés de liberté en rotation selon deux axes perpendiculaires, l'une des deux articulations présentant au moins trois degrés de liberté en rotation.

Chaque articulation peut être choisie parmi une rotule, un joint de cadran et un matériau élastiquement déformable.

Chaque partie mobile peut être déplaçable en translation par rapport à la partie fixe du dispositif d'entraînement ou en rotation autour d'un axe par rapport à la partie fixe du dispositif d'entraînement.

Dans le mode de réalisation mis en œuvre, les éléments mobiles sont articulés l'une à l'autre en rotation autour d'un axe de pivotement.

La structure de liaison comprend au moins quatre mécanismes de liaison, chaque élément mobile étant relié à au moins un dispositif de liaison.

Le système robotisé comprend également un élément de base s'étendant selon l'axe de base jusqu'à une extrémité libre portant le centre de rotation et sur laquelle le premier élément mobile est monté.

Le système robotisé comprend en outre une unité de commande contrôlant les actionneurs.

Les avantages du dispositif objet de l'invention sont multiples. Un des avantages est que les volumes et les masses en mouvement sont réduits au minimum. Cette configuration permet la préhension d'objets dont la masse totale est du même ordre que l'inertie déplacée du dispositif. Les cadences peuvent être très élevées.

5 L'invention permet en outre la rotation d'un outil de préhension selon trois degrés de liberté autour d'un point et son actionnement sans recourir à l'ajout d'un moteur sur les éléments mobiles comme cela est nécessaire sur les poignets de robot connus. L'invention permet également d'orienter et d'actionner directement un outil de découpe comme une  
10 cisaille. L'invention offre une dextérité et une précision de mouvement similaire aux poignets connus tout en présentant un encombrement réduit.

De plus, les quatre actionneurs étant fixés à l'élément de base, ils peuvent être disposés loin des éléments mobiles, permettant d'introduire, d'orienter et d'actionner un outil dans un espace confiné.

Enfin, la rigidité de la structure parallèle permet la transmission de forces plus  
15 importantes qu'une structure série ayant des dimensions similaires.

Le dispositif objet de l'invention est avantageusement utilisé pour la réalisation d'un outil robotisé de chirurgie mini-invasive. Dans ces conditions, les actionneurs sont situés en dehors du corps du patient et les éléments mobiles des actionneurs sont très allongés pour transmettre le mouvement à l'outil chirurgical situé à l'intérieur du corps du patient.  
20 L'outil chirurgical est constitué des deux éléments mobiles équipés d'éléments de travail adaptés. L'invention apporte un gain d'espace par rapport à des solutions connues tout en garantissant une grande dextérité de travail au chirurgien.

Selon une autre utilisation avantageuse, le dispositif objet de l'invention est utilisé pour la réalisation d'une cisaille actionnée par quatre vérins hydrauliques afin de découper des  
25 objets dans des espaces inatteignables par des systèmes connus, comme par exemple à l'intérieur d'une canalisation. La grande rigidité de la structure parallèle est dans ce cas un avantage pour envisager la découpe d'objets nécessitant des forces importantes tout en garantissant une grande dextérité de travail.

Avantageusement, le dispositif objet de l'invention peut être utilisé de façon à permettre  
30 la mesure d'un déplacement dans l'espace et d'un angle de serrage entre les deux éléments mobiles. Dans ces conditions, les actionneurs sont remplacés par des capteurs de position,

permettant de la mesure indirecte de l'orientation des éléments mobiles à la manière d'une manette type « joystick » et qui en plus des trois rotations de l'espace permet de mesurer l'angle formé par les deux éléments mobiles que l'utilisateur tient dans sa main.

5 Selon une autre utilisation avantageuse, le dispositif objet de l'invention peut être utilisé avantageusement de façon à réaliser une interface haptique à retour de force selon quatre degrés de liberté. Dans ces conditions, le dispositif est utilisé pour reconstituer, à l'aide des actionneurs qui impriment des mouvements en sens contraires, certaines sensations physiques liées à l'action se déroulant sur un écran ou visant à recréer voire amplifier les effets de résistance liés, par exemple, à la conduite d'une pince hydraulique ou d'une  
10 opération chirurgicale.

Finalement, et sans que cette liste ne soit exhaustive, le dispositif objet de l'invention peut être utilisé dans des domaines d'application très variés. On citera par exemple :

- la manipulation et la découpe d'éléments de toutes sortes et de toutes natures,
- tout domaine nécessitant d'orienter et d'actionner une pince ou une cisaille dans  
15 l'espace par exemple en robotique manufacturière, en chirurgie, pour le tri et le recyclage, dans le bâtiment et les travaux publics, en agriculture, etc.
- la manipulation et la découpe d'éléments dans des milieux confinés ou difficilement accessibles comme par exemple en chirurgie mini-invasive, pour les travaux dans les canalisations, etc.
- 20 - la détermination d'un déplacement dans l'espace destinée par exemple à une mesure dimensionnelle de pièces, ou à l'enregistrement d'un mouvement à l'image d'un joystick, etc.
- la détermination de forces dans l'espace et de couples destinée par exemple à la commande en force d'un robot ou à la réalisation d'une interface haptique, etc.

25 On comprendra mieux l'invention à l'aide de la description qui suit, donnée à titre d'exemple, et qui se réfère aux figures 1 à 6 dans lesquelles :

- la figure 1 représente de manière schématique selon une vue en perspective un exemple de réalisation du dispositif objet de l'invention dans lequel la partie mobile de chaque actionneur est montée en translation ;

- la figure 2 montre de manière symbolique une configuration du dispositif objet de l'invention dans laquelle la partie mobile de chaque actionneur est montée en translation;
- la figure 3 représente de manière schématique selon une vue en perspective un exemple de réalisation du dispositif objet de l'invention dans lequel la partie mobile de chaque actionneur est montée en rotation ;
- la figure 4 montre de manière symbolique une configuration du dispositif objet de l'invention dans laquelle la partie mobile de chaque actionneur est montée en rotation ;
- la figure 5 représente de manière schématique selon des vues en perspective un exemple d'exécution du dispositif objet de l'invention dans lequel les parties mobiles des actionneurs sont très longues dans le but d'éloigner les actionneurs des éléments de travail et de permettre l'introduction des éléments de travail dans un espace confiné ; la figure 5 illustre également quelques mouvements possibles de l'exemple de réalisation du dispositif objet de l'invention ;
- la figure 6 représente un graphique montrant les positions des extrémités des éléments de travail atteignables par une exécution de l'invention donnée à titre d'exemple.

En se référant aux figures 1 et 2, le dispositif comporte un élément de base (1), un premier élément mobile (5) et un deuxième élément mobile (6). L'élément de base (1) comporte quatre actionneurs à guidage rectiligne (23) comportant chacun une partie fixe (2) solidaire de l'élément de base (1) et une partie mobile (3). Un élément de liaison (4) est monté sur chaque partie mobile (3) par l'intermédiaire d'une articulation rotule (3a). Les éléments de liaison (4) sont reliés à l'un des éléments mobiles (5) et (6) par l'intermédiaire d'une articulation rotule (5a) ou (6a). Au moins un élément de liaison (4) est relié par l'intermédiaire d'une articulation rotule (5a) au premier élément mobile (5). Au moins un élément de liaison (4) est relié par l'intermédiaire d'une articulation rotule (6a) au deuxième élément mobile (6). Le premier élément mobile (5) est relié à l'élément de base (1) par l'intermédiaire d'une articulation rotule (5b) et au deuxième élément mobile (6) par une liaison pivot (6b). Les articulations (3a), (5a) et (6a) sont agencées de façon à ce que la rotation du premier élément mobile (5) selon trois degrés de liberté ainsi que la rotation

entre les éléments mobiles (5) et (6) puissent être commandées par la translation des parties mobiles (3) des actionneurs via les éléments de liaison (4).

Dans la configuration représentée aux figures 1 et 2, les éléments mobiles (5) et (6) étant liés par une liaison pivot, ils permettent d'actionner des éléments de travail (7) tels que par exemple les doigts d'un système de préhension, les deux parties mobiles d'une  
5 cisaille, des ventouses ou tout autre outil pouvant être disposé sur les éléments mobiles (5) et (6).

Les quatre actionneurs (23) sont connectés par l'intermédiaire d'amplificateurs adéquats à un ordinateur (12) de gestion destiné à contrôler les mouvements des parties mobiles (3)  
10 des actionneurs.

Dans une variante d'exécution du robot non représenté, au moins une des articulations (3a), (5a), (6a) et (5b) est remplacée par un joint de cardan.

Dans une variante d'exécution du robot non représenté, au moins une des articulations (3a), (5a), (6a), (5b) et (6b) est remplacée par une liaison flexible permettant des rotations  
15 grâce à la déformation élastique d'un élément.

Selon une autre forme d'exécution du dispositif, représentée aux figures 3 et 4, les éléments (3) qui, dans l'exemple représenté aux figures 1 et 2, constituent des parties mobiles montées en translation autour des axes (2) sont remplacés par des parties mobiles montés en rotation.

Dans la configuration du dispositif objet de l'invention représentée dans les différentes  
20 figures, les articulations (3a) sont disposées en carré. Les articulations (5a) sont également disposées en carré et l'articulation (5b) est dans l'axe du pivot (6b). Bien entendu, cette disposition n'est nullement exhaustive. D'autre part, bien que le dispositif ait été représenté avec un élément de base (1) et des éléments mobiles (5), (6) et (7) de forme définie, ces  
25 éléments peuvent avoir des formes diverses et être orientés dans des positions quelconques. Les parties fixes (2) et les parties mobiles (3) des actionneurs ainsi que les éléments de liaison (4) peuvent également avoir des formes et des dimensions diverses.

A titre de validation, la figure 5 représente un exemple d'exécution du dispositif objet de l'invention dans diverses positions de travail avec des dimensions fixées. Dans cette  
30 réalisation, la longueur des éléments de liaison (4) est 34 mm. Les articulations (5a) et (6a) sont disposées en carré à 16 mm de l'axe de base représenté en pointillé sur la figure 5.

Deux de ces articulations sont placées dans le même plan que les articulations (5b) et (6b). De plus, l'articulation (5b) est placée dans l'axe de rotation de l'articulation (6b). Les actionneurs ont une course de 20 mm en translation selon l'axe de base du poignet. Les articulations (3a) sont disposées à 16 mm de l'articulation (5b). Cette disposition est  
5 donnée à titre d'exemple et n'est nullement exhaustive.

Cette exécution de l'invention permet une rotation des éléments mobiles de plus ou moins  $66^\circ$  autour de l'axe longitudinal, des angles d'inclinaison de plus ou moins  $40^\circ$  dans une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal et de plus ou moins  $52^\circ$  dans l'autre direction perpendiculaire à l'axe longitudinal. La rotation entre les deux éléments mobiles  
10 permet d'atteindre un angle d'ouverture de  $33^\circ$  et un angle de fermeture de  $-30^\circ$  des éléments de travail.

Les positions atteignables par les extrémités des éléments de travail (7) sont représentées par des points bleus et rouges sur le graphique de la figure 6. Les portions de sphères couvertes montrent la pluralité des positions que les éléments de travail peuvent  
15 atteindre par le mouvement des actionneurs (23) et dans cette exécution particulière.

**REVENDICATIONS**

1. Dispositif permettant le déplacement d'un premier élément mobile (5) autour d'un point selon trois degrés de liberté en rotation et la rotation d'un deuxième élément mobile (6) par rapport au premier élément mobile (5) selon un degré de liberté, comportant au moins un élément de base (1), au moins deux éléments mobiles (5) et (6), au moins quatre actionneurs (23) comportant chacun une partie fixe (2) et une partie mobile (3), la partie fixe de chaque actionneur étant solidaire de l'élément de base (1), la partie mobile de chacun d'eux étant rendue solidaire d'un élément de liaison (4) par l'intermédiaire d'une articulation (3a), les éléments de liaison (4) étant montés en articulation (5a) ou (6a) sur l'un des éléments mobiles (5) et (6), au moins un des éléments de liaison (4) étant monté en articulation (5a) sur le premier élément mobile (5), au moins un des éléments de liaison (4) étant monté en articulation (6a) sur le deuxième élément mobile (6), le premier élément mobile (5) étant monté en articulation (5b) sur l'élément de base (1), les éléments mobiles (5) et (6) étant montés en rotation (6b) l'un avec l'autre, et caractérisé en ce que les articulations (3a), (5a) et (6a) sont agencées de façon à que la rotation du premier élément mobile (5) selon trois degrés de liberté ainsi que la rotation entre les éléments mobiles (5) et (6) puissent être commandées via les éléments de liaison (4) par le déplacement des parties mobiles (3) des actionneurs, les actionneurs étant pilotés par un ordinateur de gestion (12).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les articulations (3a, 5a, 6a et 5b) sont des articulations rotules.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'au moins une des articulations (3a, 5a, 6a et 5b) est un joint de cardan.
4. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 3, caractérisé en ce qu'au moins une des articulations (3a, 5a, 6a, 5b et 6b) est une articulation flexible réalisée par la déformation élastique d'un élément.
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la partie mobile (3) de chaque actionneur (23) est montée en translation par rapport à la

partie fixe (3) dudit actionneur, et en ce que ladite partie mobile est agencée de façon à empêcher sa rotation autour de l'axe du mouvement de translation.

- 5 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la partie mobile (3) de chaque actionneur (23) est montée en rotation par rapport à la partie fixe (2) dudit actionneur, et en ce que ladite partie mobile est agencée de façon à empêcher sa translation autour de l'axe du mouvement de rotation.
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des éléments de travail solidaires des éléments mobiles (5) et (6).
- 10 8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de travail solidaire des éléments mobiles (5) et (6) pouvant être actionné par la rotation entre les éléments mobiles (5) et (6).
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est agencé de façon à permettre la mesure d'un déplacement dans l'espace à la manière d'une manette type « joystick ».
- 15 10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est agencé de façon à être utilisé comme un dispositif haptique à retour de force.

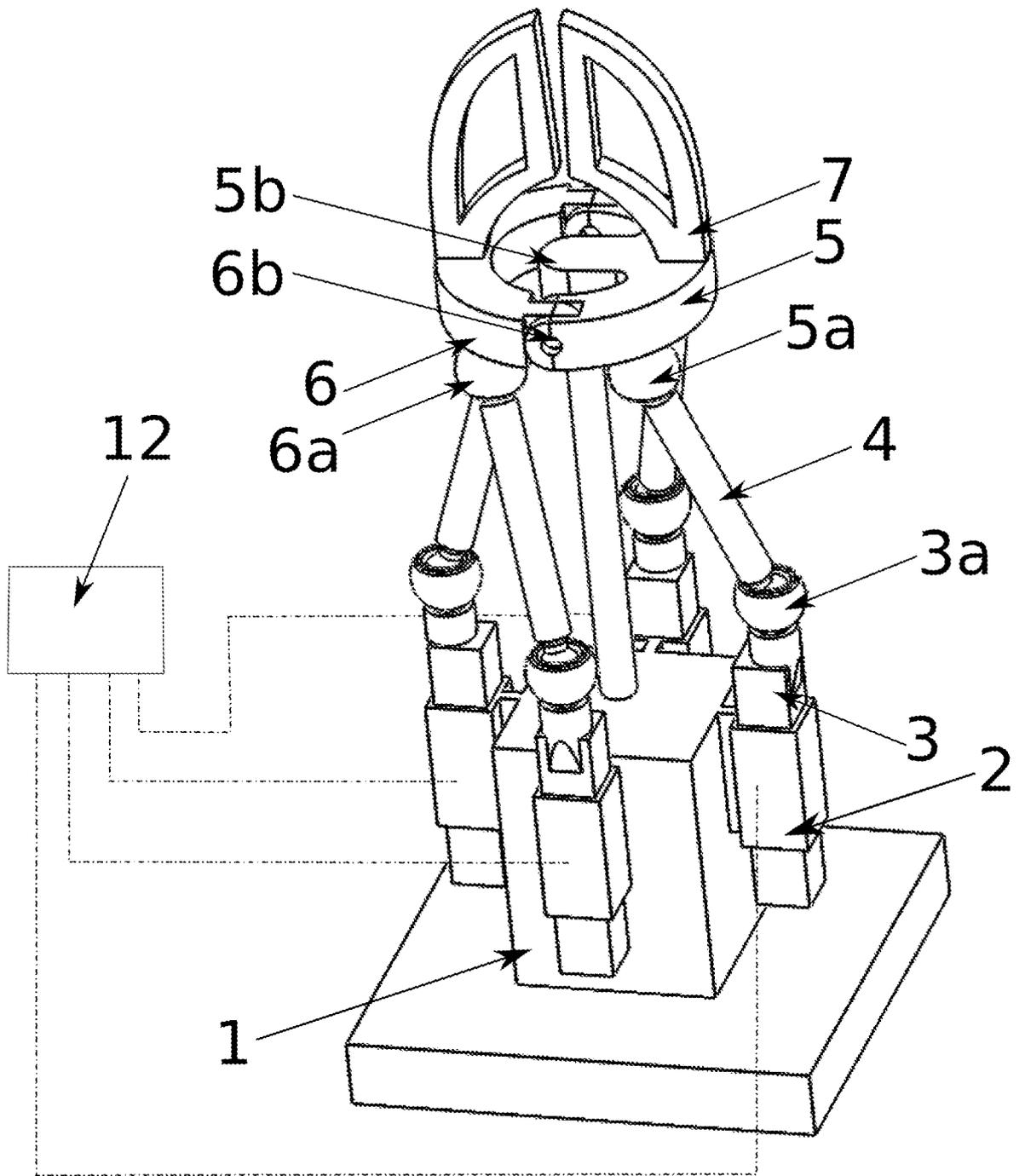


Figure 1

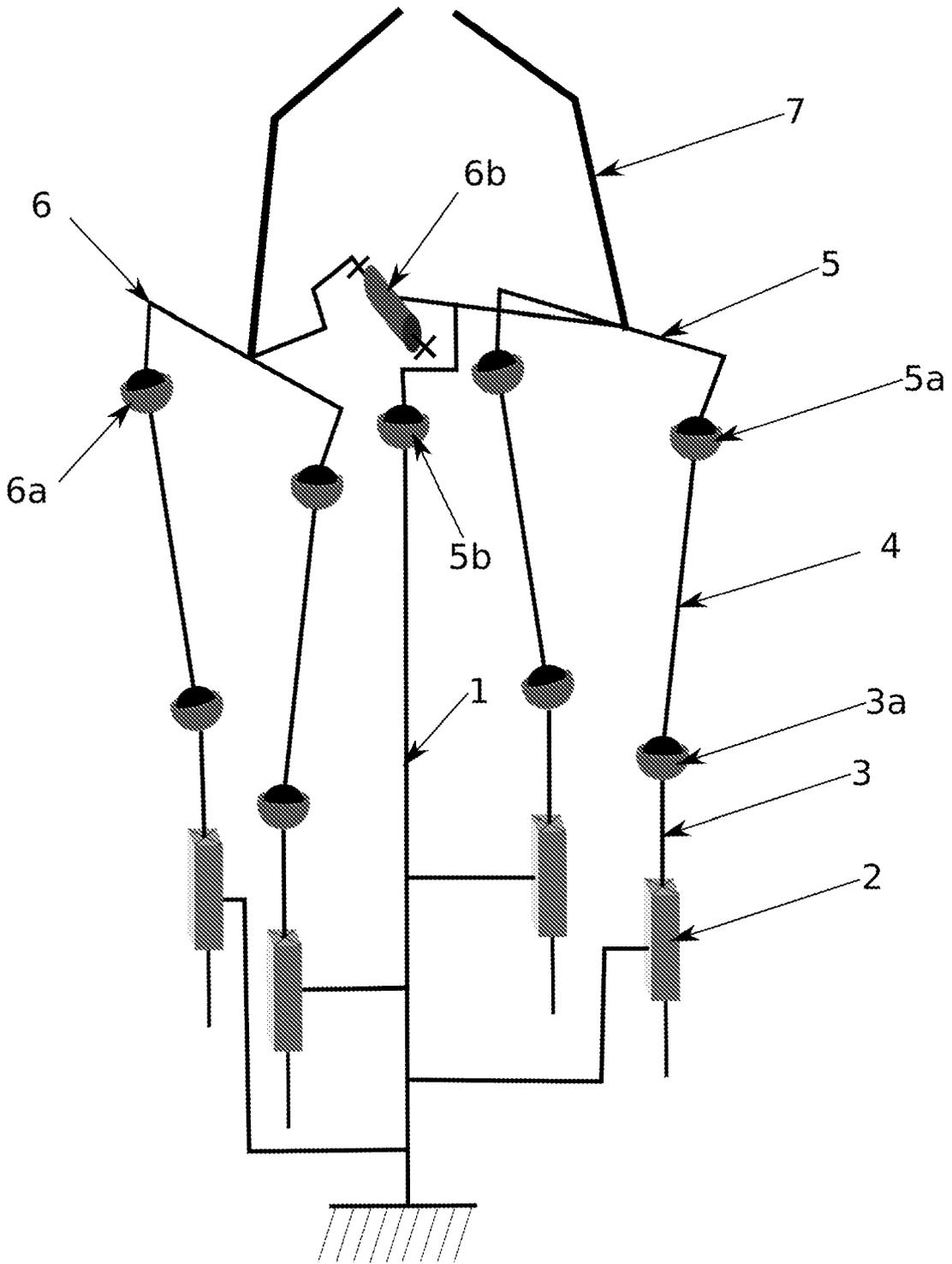


Figure 2

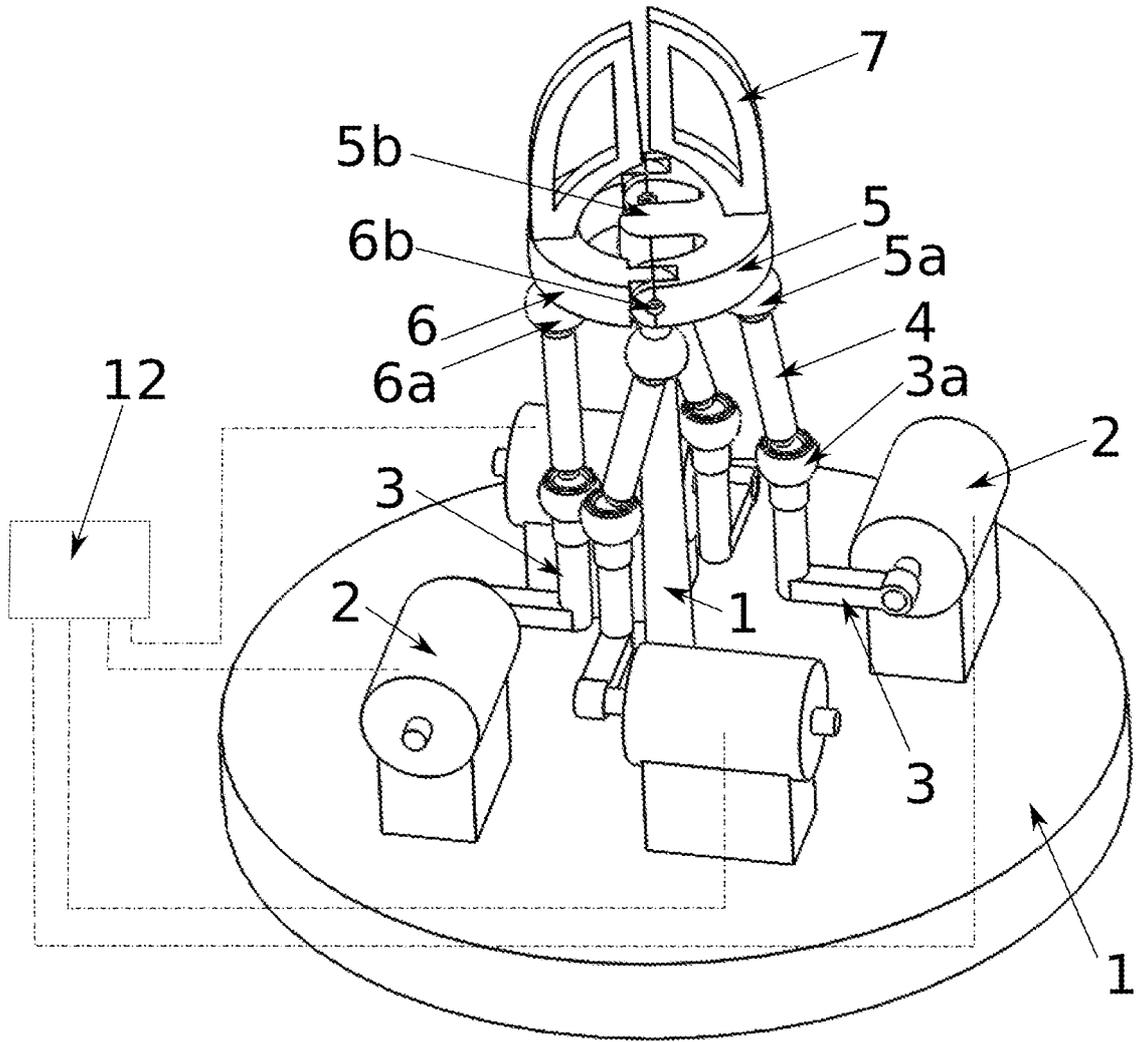


Figure 3

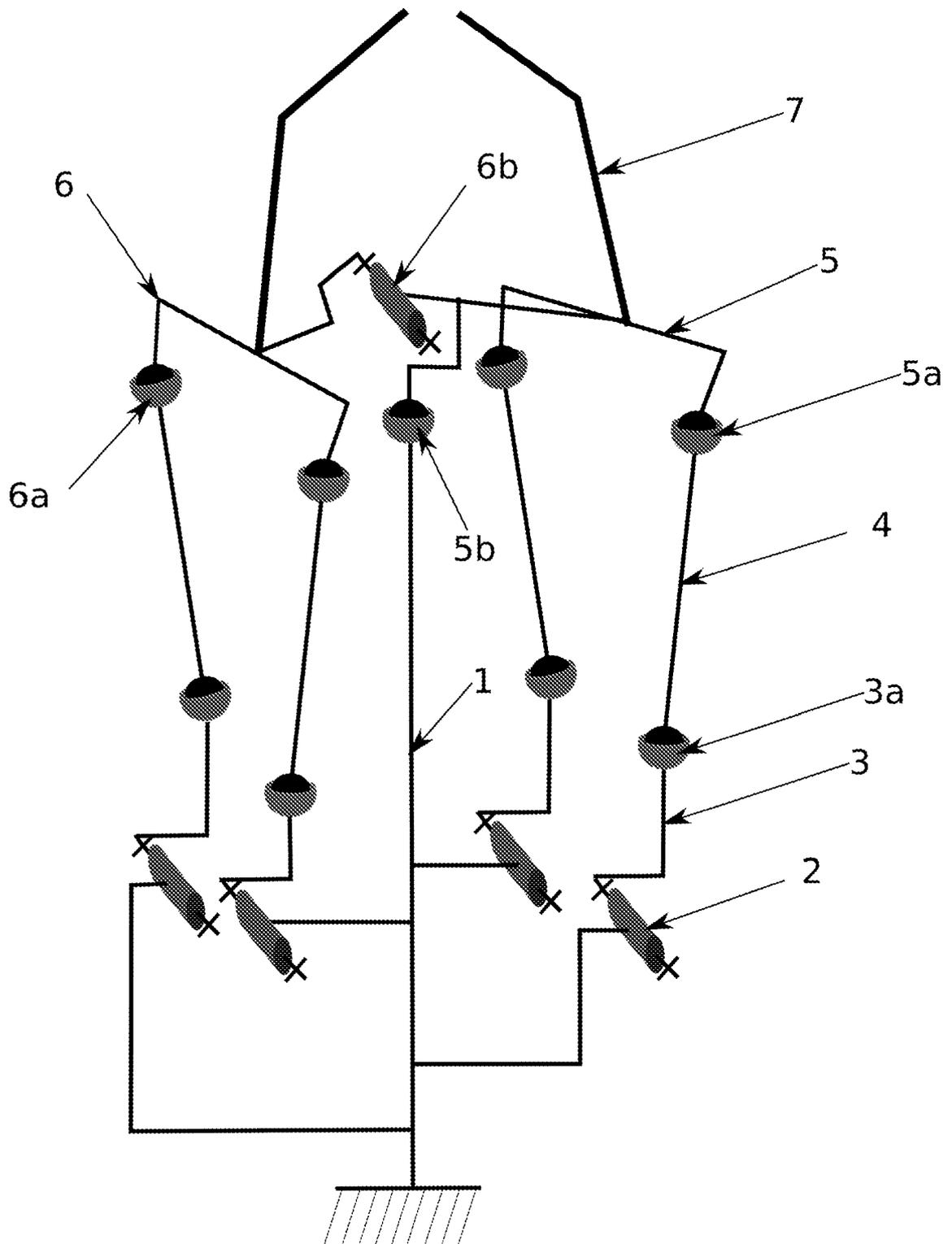


Figure 4

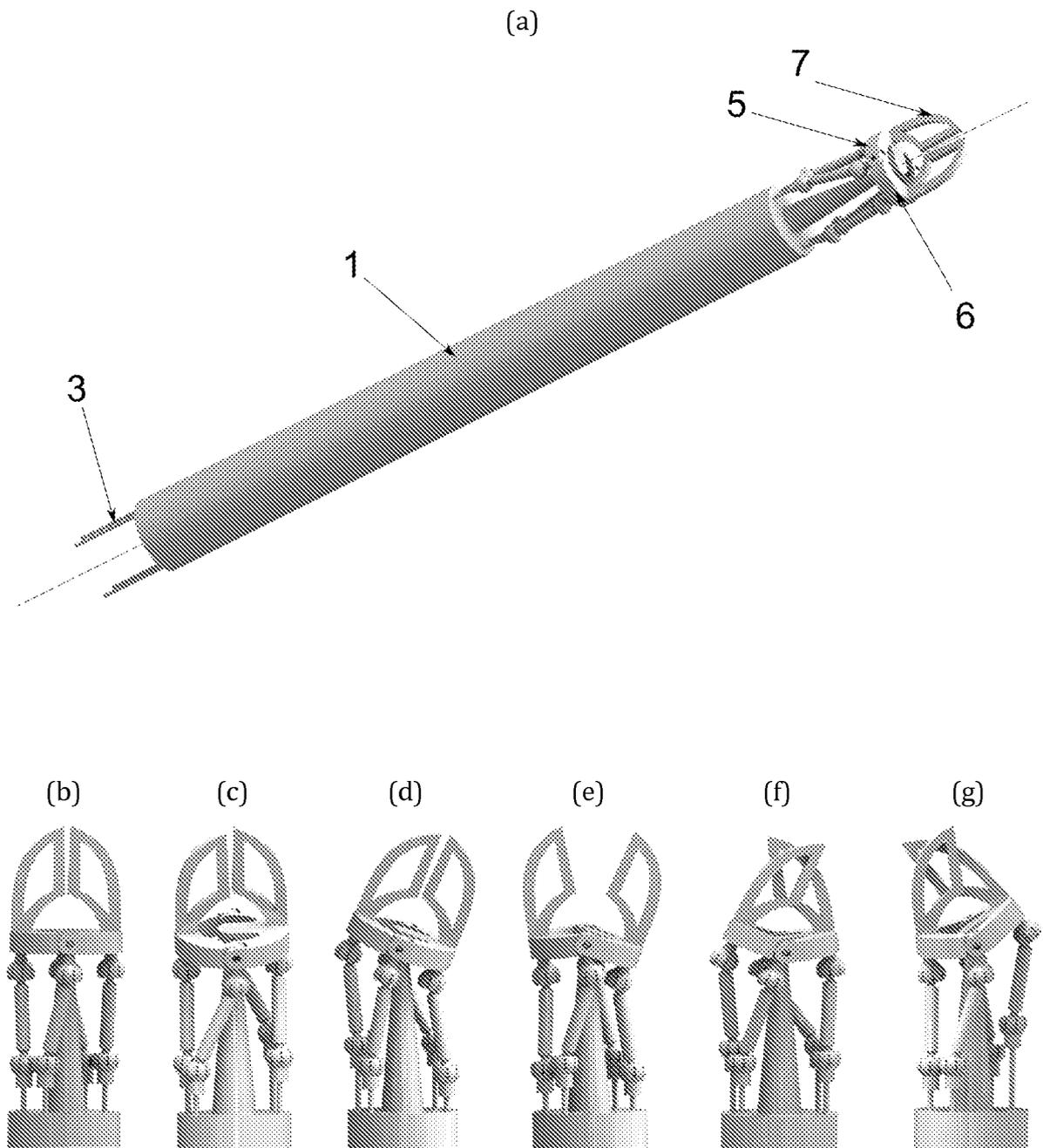


Figure 5

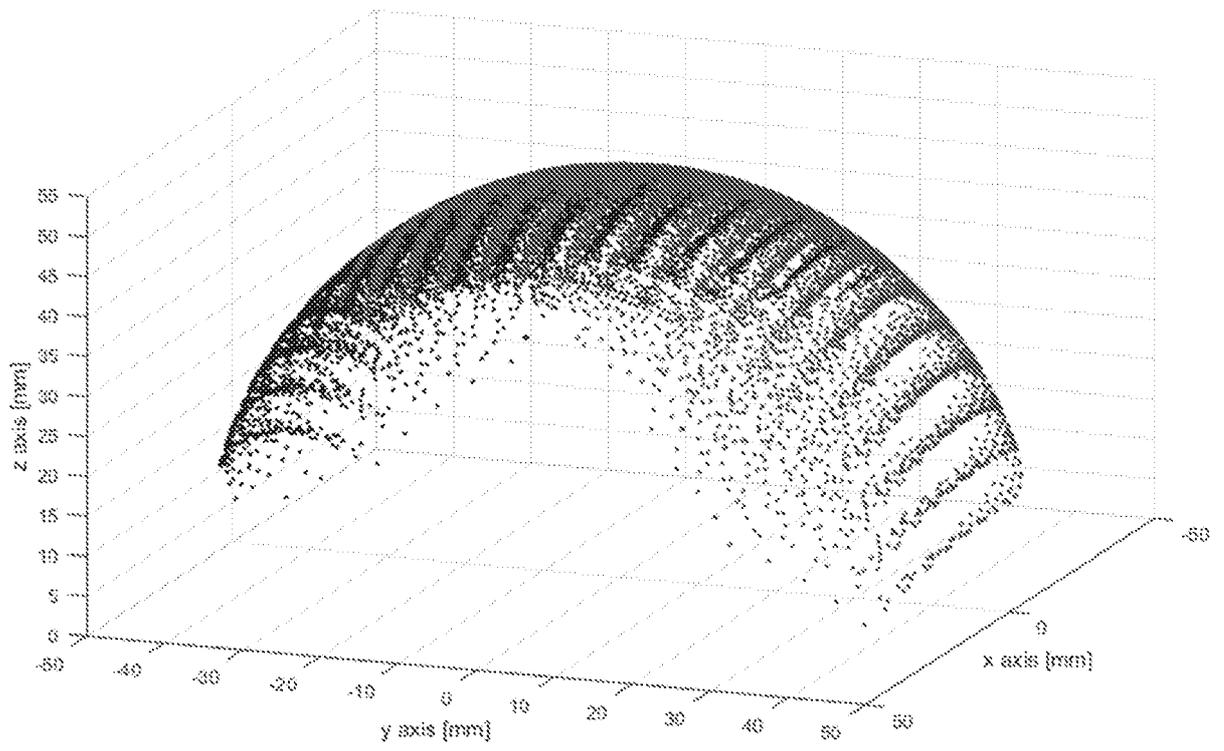


Figure 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No <b>PCT/FR2017/052735</b>
----------------------------------------------------------

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. B25J9/00  
 ADD..

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification System followed by classification symbols)  
 B25J A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
 EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/253079 A1 (SANCHEZ DAN [US]) 16 December 2004 (2004-12-16) paragraphs [0030] - [0036] figures 3-7  -----	1-10
A	US 2014/379014 A1 (ABRI OMID [DE] ET AL) 25 December 2014 (2014-12-25) paragraphs [0080] - [0105] figures 1-4  -----	1-10
A	US 2008/196533 A1 (BERGAMASCO MASSIMO [IT] ET AL) 21 August 2008 (2008-08-21) paragraphs [0044] , [0045] , [0048] - [0052] figures 6-12,17-20  -----	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

\* Spécial catégories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Date of the actual completion of the international search  <p style="text-align: center;">17 January 2018</p>	Date of mailing of the international search report  <p style="text-align: center;">31/01/2018</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <p style="text-align: center;">Grenier, Alain</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2017/052735

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004253079 AI	16-12-2004	US 2004253079 AI	16-12-2004
		US 2007066986 AI	22-03-2007
-----			
US 2014379014 AI	25-12-2014	DE 102013106446 AI	24-12-2014
		EP 2815707 AI	24-12-2014
		US 2014379014 AI	25-12-2014
-----			
US 2008196533 AI	21-08-2008	EP 1686911 AI	09-08-2006
		US 2008196533 AI	21-08-2008
		Wo 2005046500 AI	26-05-2005
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052735

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE                  INV. B25J9/00                  ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)                  B25J A61B</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)                  EPO-Internal</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2004/253079 A1 (SANCHEZ DAN [US]) 16 décembre 2004 (2004-12-16) alinéas [0030] - [0036] figures 3-7 -----	1-10
A	US 2014/379014 A1 (ABRI OMID [DE] ET AL) 25 décembre 2014 (2014-12-25) alinéas [0080] - [0105] figures 1-4 -----	1-10
A	US 2008/196533 A1 (BERGAMASCO MASSIMO [IT] ET AL) 21 août 2008 (2008-08-21) alinéas [0044], [0045], [0048] - [0052] figures 6-12,17-20 -----	1-10
<p><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>	<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>	
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p>17 janvier 2018</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>31/01/2018</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2                  NL - 2280 HV Rijswijk                  Tel. (+31-70) 340-2040,                  Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Grenier, Alain</p>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2017/052735

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004253079 AI	16-12-2004	US 2004253079 AI	16-12-2004
		US 2007066986 AI	22-03-2007
-----			
US 2014379014 AI	25-12-2014	DE 102013106446 AI	24-12-2014
		EP 2815707 AI	24-12-2014
		US 2014379014 AI	25-12-2014
-----			
US 2008196533 AI	21-08-2008	EP 1686911 AI	09-08-2006
		US 2008196533 AI	21-08-2008
		Wo 2005046500 AI	26-05-2005
-----			