(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 141 363***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 11298**

(51) Int Cl[8] : ***B 25 J 17/02*** *(2023.01), B 25 J 9/08, F 16 D 3/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 28.10.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 03.05.24 Bulletin 24/18.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *POLLEN ROBOTICS Société par actions simplifiée (SAS)* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** LAVILLE Jérémy.

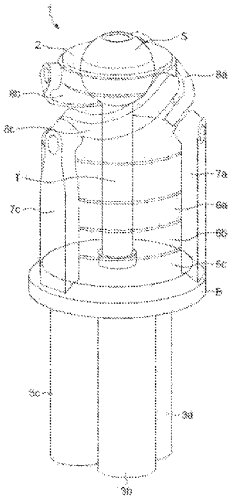
(73) **Titulaire(s) :** POLLEN ROBOTICS Société par actions simplifiée (SAS).

(74) **Mandataire(s) :** Casalonga.

(54) Articulation à trois degrés de liberté avec renvoi d'efforts.

(57) Articulation à trois degrés de liberté pour un robot, comprenant une plateforme (2), trois moteurs (3a,3b,3c) reliés chacun à une couronne par l'intermédiaire d'un pignon, chaque couronne étant disposée à l'intérieur d'un disque (6a,6b,6c) creux empilé sur la base, de sorte que chaque disque (6,6a,6b,6c) soit solidaire d'une couronne, chaque disque (6,6a,6b,6c) est par ailleurs lui-même solidaire d'une tête de disque (7,7a,7b,7c) s'étendant dans la même direction que l'empilement de la base et des disques (6,6a,6b,6c), pour chaque tête de disque (7,7a,7b,7c), un bras (8,8a,8b,8c) est connecté en rotation d'une part à la tête de disque (7,7a,7b,7c) et d'autre part à la plateforme (2), l'articulation à trois degrés de liberté comprenant une sphère (S) reliée à la base (B) par une barre cylindrique (T), la sphère (S) étant disposée au centre d'une ouverture cylindrique ménagée au centre de la plateforme (2), la sphère (S), la barre cylindrique (T) et la base (B) coopérant afin de réaliser un renvoi d'efforts des générés au niveau de la plateforme (2) et des bras (8,8a,8b,8c).

Figure pour l'abrégé : [Fig 2]



FR 3 141 363 - A1

Description

Titre de l'invention : Articulation à trois degrés de liberté avec renvoi d'efforts

Domaine technique

[0001] L'invention a pour domaine technique les articulations de membres robotiques, et plus particulièrement de telles articulations à trois degrés de liberté.

Techniques antérieures

[0002] Les membres robotiques utilisent généralement plusieurs articulations afin de conférer la meilleure mobilité possible, a l'instar des membres d'un être humain ou d'un animal.

[0003] Une articulation implique au moins un degré de liberté, généralement deux ou trois degrés de liberté. Par degrés de liberté, on entend la possibilité de réaliser une rotation selon un axe prédéfini. Ainsi, à deux degrés de liberté, une articulation autorise la rotation selon deux axes prédéfinis distincts, en général orthogonaux. A trois degrés de liberté, une articulation autorise la rotation selon trois axes prédéfinis distincts, en général orthogonaux également.

[0004] Selon leur emplacement dans le membre robotique, l'articulation nécessite un nombre minimal de degrés de liberté pour permettre le fonctionnement du membre. En particulier, l'articulation disposé dans le poignet d'un bras robotique nécessite au moins deux degrés de liberté. Néanmoins, l'emploi d'une articulation à trois degrés de liberté permet la réalisation d'une plus grande gamme de mouvements se rapprochant au maximum d'un mouvement humain.

[0005] De l'état de la technique, on connait le document « Marine Propulsor based on a Three-Degree-of-Freedom Actuated Spherical Joint », Sudki B. et al., Third International Symposium on Marine Propulsors smp'13, Launceston, Tasmania, Australia, May 2013.

[0006] Ce document décrit une articulation à trois degrés de liberté pour un propulseur marin permettant de répliquer l'épaule d'animaux marins, notamment du pingouin. L'articulation décrite comprend des axes coaxiaux reliés aux moteurs et présente un centre de rotation fixe, une fréquence de travail de 2.5Hz sous charge, une rotation illimitée selon l'axe principal et un mouvement arbitraire dans un cône de +/-60°.

[0007] Néanmoins, l'articulation décrite dans ce document occupe une place importante dans le bâti l'accompagnant du fait notamment du placement des moteurs. Ceux-ci sont disposés à l'extérieur de l'articulation à proprement parler et sont configurés pour faire tourner trois arbres concentriques pilotant l'articulation. Il ressort de cette structure qu'une grande partie du volume intérieur de l'articulation est sous-exploitée.

[0008] Le document Gosselin C. et al. Kinematic analysis, optimization and programming of parallel robotic manipulator. McGill University (1985) présente l'optimisation d'articulations parallèles.

[0009] Le document Asada H. et al., "Kinematic and static characterization of wrist joints and their optimal design," Proceedings. 1985 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1985, pp. 244-250, doi: 10.1109/ROBOT.1985.1087324. est également connu en liaison avec la modélisation d'articulations de poignet.

[0010] On connait également le document FR1912398 au nom de la demanderesse et portant sur une articulation à trois degrés de liberté pour un robot et sur le procédé de commande correspondant.

[0011] L'articulation décrite dans ce document a constitué une avancée majeure dans le domaine des articulations de robot. Néanmoins, il est vite apparu qu'elle n'en était pas moins soumise à différents problèmes techniques.

[0012] Un premier problème concerne les efforts générés au niveau de l'articulation à l'issue d'une utilisation prolongée, et menant à un vieillissement des assemblages se traduisant par l'apparition de jeux d'assemblages. Ces jeux d'assemblage rendent la commande imprécise et peuvent mener à la casse d'une partie de l'articulation.

[0013] Un deuxième problème concerne la difficulté de circulation des câbles d'alimentation et de commande des actionneurs ou articulations en aval de l'articulation à trois degrés de liberté. En effet, l'avantage majeur de l'articulation à trois degrés de liberté est la possibilité de réaliser une rotation infinie selon une direction normale au plan de la sortie de l'articulation tout en bénéficiant de grands angles de rotation dans les autres plans, ainsi que de ne pas souffrir de blocage de cardan. Néanmoins, dès qu'un actionneur est situé en aval de l'articulation, les câbles d'alimentation et de commande de cet actionneur limitent les rotations réellement accessibles, soit par leur interaction avec les bras, soit par leur interaction avec l'articulation en elle-même. Il est apparu que de tels câbles rompent ou s'emmêlent autour de l'articulation dès que des rotations à grande amplitude sont effectuées. L'avantage de grands angles de rotation et d'une rotation infinie est ainsi neutralisé. Il en est de même quant au blocage de cardan qui est remplacé par un blocage lié aux câbles d'alimentation et de commandes des actionneurs en aval de l'articulation.

[0014] Le but de la présente invention est de résoudre ces problèmes techniques.

Exposé de l'invention

[0015] L'invention a pour objet une articulation à trois degrés de liberté pour un robot, comprenant une plateforme, trois moteurs reliés chacun à une couronne par l'intermédiaire d'un pignon, chaque couronne étant disposée à l'intérieur d'un disque creux empilé sur une base, de sorte que chaque disque soit solidaire d'une couronne,

chaque disque est par ailleurs lui-même solidaire d'une tête de disque s'étendant dans la même direction que l'empilement de la base et des disques.

[0016] Pour chaque tête de disque, un bras est connecté en rotation d'une part à la tête de disque et d'autre part à la plateforme, la plateforme étant reliée à la base et aux disques creux uniquement par les trois bras, l'articulation à trois degrés de liberté comprend une sphère reliée à la base par une barre cylindrique, la sphère étant disposée au centre d'une ouverture cylindrique ménagée au centre de la plateforme, la sphère, la barre cylindrique et la base coopérant afin de réaliser un renvoi d'efforts des générés au niveau de la plateforme et des bras.

[0017] Chaque disque peut comprendre un support de roulement conçu de sorte à ménager des passages pour l'insertion et la mise en place des pignons, les supports de roulement de chaque disque sont empilés les uns sur les autres et fixés à la base par l'intermédiaire de vis et de trous taraudés ménagés dans la base, chaque support de roulement recevant un roulement permettant la rotation du disque correspondant.

[0018] Le support de roulement et le roulement correspondant peuvent être compris dans un habillage de disque, solidaire d'une part de la couronne relative au disque et d'autre part de la tête de disque correspondante.

[0019] L'habillage de disque peut être muni d'une butée de rotation, le support de roulement de chaque disque comprend une excroissance localisée sur son pourtour inférieur, le diamètre extérieur du pourtour inférieur du support de roulement étant inférieur au diamètre intérieur de l'habillage correspondant, de sorte qu'une gorge est alors formée lors de l'assemblage de l'habillage et du support de roulement, interrompue par l'excroissance, la butée de rotation d'un disque et l'excroissance d'un disque immédiatement au-dessus coopérant afin de limiter la rotation du disque muni de la butée de rotation.

[0020] Un habillage de disque peut comprendre deux butées, de sorte à pouvoir régler, en coopération avec une excroissance, un angle de rotation positif dudit disque indépendamment de l'angle de rotation négatif dudit disque.

[0021] Deux excroissances peuvent être prévues sur un support de palier, de sorte à pouvoir régler, en coopération avec une butée, un angle de rotation positif dudit disque indépendamment de l'angle de rotation négatif dudit disque.

[0022] Une butée peut être repositionnable par l'intermédiaire d'une fixation amovible sur l'habillage correspondant et/ou une excroissance est repositionnable par l'intermédiaire d'une fixation amovible sur le support de roulement correspondant.

[0023] Une ou plusieurs dents de la couronne d'un disque peuvent être supprimées, de sorte à limiter la rotation du disque correspondant.

[0024] Un moteur peut être muni de moyens de détermination de la position angulaire de son axe de sortie par rapport à une position de référence.

[0025] Les moyens de détermination de position angulaire peuvent comprendre une pluralité de capteurs magnétiques répartie circulairement autour de la barre cylindrique, associée à un élément magnétique disposé dans chaque tête de disque de manière à pouvoir être détecté par les capteurs magnétiques.

[0026] Les moyens de détermination de position angulaire peuvent comprendre des capteurs en ligne avec chaque axe de rotation portant un pignon.

[0027] La surface de la sphère peut être munie d'un revêtement minimisant les frottements entre la sphère et la plateforme, notamment de type polytétrafluoroéthylène.

[0028] La sphère, la barre cylindrique et la base sont munis chacun d'un trou traversant, chaque trou communiquant avec les autres.

[0029] L'invention a également pour objet un membre de robot, comprenant au moins deux segments de membre réunis par une articulation à trois degrés de liberté tel que décrit ci-dessus.

[0030] Un autre objet de l'invention est un membre de robot comprenant au moins deux segments de membre réunis par une articulation à trois degrés de liberté tel que décrit plus haut ainsi qu'un équipement disposé en aval de l'articulation à trois degrés de liberté, le câble d'alimentation et/ou de commande dudit équipement étant disposé à travers le trou de la sphère, la barre cylindrique creuse et à travers le trou de la base, pour déboucher entre les moteurs.

Brève description des dessins

[0031] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0032] - la figure [Fig.1] illustre les principaux éléments d'une articulation à trois degrés de liberté selon l'invention,

[0033] - la figure [Fig.2] illustre les principaux éléments contribuant au renvoi d'effort dans une articulation à trois degrés de liberté selon l'invention,

[0034] - la figure [Fig.3] illustre les principaux éléments contribuant à l'actionnement d'une articulation à trois degrés de liberté selon l'invention,

[0035] - la figure [Fig.4] illustre les principaux éléments d'un disque et d'un bras correspondant,

[0036] - la figure [Fig.5] illustre la circulation de câbles dans une articulation à trois degrés de liberté selon l'invention,

[0037] - la figure [Fig.6] illustre les principaux éléments d'un disque et d'un support de roulement,

[0038] - la figure [Fig.7] illustre un support de roulement,

[0039] - la figure [Fig.8] illustre la position de l'articulation à trois degrés de liberté selon

l'invention après une commande,

[0040] - la figure [Fig.9] illustre les capteurs de rotation disposés dans une articulation à trois degrés de liberté selon l'invention, et

[0041] - la figure [Fig.10] illustre un bras robotique comprenant une articulation à trois degrés de liberté selon l'invention.

Description détaillée

[0042] L'articulation selon l'invention comprend un système de trois axes parallèles pilotant l'articulation. L'articulation 1 est illustrée par la figure [Fig.1].

[0043] L'articulation 1 permet de déplacer une plateforme 2 selon trois axes de liberté par rapport à une base B en commandant trois moteurs 3a,3b,3c en rotation. La plateforme 2 est munie d'une ouverture cylindrique en son centre. Une sphère S est disposée au centre de la plateforme 2, de sorte que le centre de la sphère S soit confondu avec le centre de rotation de la plateforme 2. La surface de la sphère S est munie d'un revêtement minimisant les frottements entre la sphère S et la plateforme 2, notamment de type PTFE (acronyme pour « polytétrafluoroéthylène »).

[0044] L'articulation 1 comprend la base B à proximité de laquelle sont disposés les trois moteurs 3a,3b,3c et sur laquelle sont empilés des disques 6a,6b,6c. Chaque disque 6a,6b,6c est par ailleurs lui-même solidaire d'une tête de disque 7a,7b,7c s'étendant dans la même direction que l'empilement de la base et des disques 6a,6b,6c.

[0045] Pour chaque tête de disque 7,7a,7b,7c, un bras 8,8a,8b,8c en forme d'arc, est connecté en rotation d'une part à la tête de disque 7,7a,7b,7c et d'autre part à la plateforme 2. La figure [Fig.2] illustre un tel agencement. Les liaisons entre les têtes de disque 7,7a,7b,7c et les bras 8,8a,8b,8c correspondant sont situées dans un même plan. De façon similaire, les liaisons entre les bras 8,8a,8b,8c et la plateforme 2 sont compris dans un même plan. Avantageusement, la forme d'arc représente un quart de cercle.

[0046] Les disques 6,6a,6b,6c forment des carters et sont munis de roulements permettant d'en faciliter le mouvement, de réduire les frottements et l'usure et de maintenir l'alignement des disques 6,6a,6b,6c par rapport à la base et entre eux.

[0047] La sphère S est reliée à une barre cylindrique T elle-même reliée à la base B. Un tel agencement permet le renvoi des efforts appliqués sur la plateforme 2 vers la sphère S et, par suite, vers la barre cylindrique T et la base B. Les bras 8a,8b,8c sont ainsi soulagés d'une partie des efforts perçus. Plus précisément, l'avantage d'une telle configuration impliquant une sphère solidaire du bâti via la barre cylindrique réside dans le fait que la majorité des efforts appliqués sur la plateforme 2 sont repris par l'ensemble sphère, barre cylindrique et base formant ainsi une sorte de squelette rigide interne.

[0048] Les efforts de flexion (perpendiculaire à l'axe principal) par exemple sont totalement repris par l'ensemble sphère, barre cylindrique et base, soulageant ainsi les têtes de

disque 7,7a,7b,7c et bras 8,8a,8b,8c plus fragiles. Cela présente un avantage important lorsque l'articulation 1 à trois degrés de liberté est employée pour former un poignet. Les efforts résultant du poids de la main et de l'objet saisi sont ainsi absorbés par l'ensemble sphère, barre cylindrique et base.

[0049] De la même façon, les efforts de pression (selon la même direction que l'axe de la barre cylindrique T) sont également repris par l'ensemble sphère, barre cylindrique et base, et ne sollicite que très peu la rigidité des têtes de disque 7 et bras 8. Cela présente un avantage important lorsque l'articulation 1 à trois degrés de liberté est employée pour former un cou. Les efforts résultant du poids de la tête saisi sont ainsi absorbés par l'ensemble sphère, barre cylindrique et base.

[0050] La figure [Fig.2] illustre la sphère S, la barre cylindrique T et la base B. Les disques 6a,6b,6c, les têtes de disques 7a,7b,7c, les bras 8a,8b,8c et la plateforme 2 y sont illustrés en transparence.

[0051] Sur la figure [Fig.3], sont illustrés trois moteurs 3a,3b,3c reliés chacun à une couronne 4a,4b,4c par l'intermédiaire d'un pignon 5a,5b,5c porté chacun par un axe. Les pignons 5a,5b,5c sont disposés à l'intérieur des couronnes 4a,4b,4c. Chaque pignon 5a,5b,5c est ainsi disposé à une hauteur différente de la base B de sorte à entrainer mécaniquement uniquement la couronne 4a,4b,4c correspondante.

[0052] Chaque couronne 4a,4b,4c est disposée à l'intérieur d'un des disques 6a,6b,6c creux, de sorte que chaque disque 6a,6b,6c soit solidaire d'une couronne 4a,4b,4c.

[0053] Les moteurs 3a,3b,3c sont commandés en rotation, ce qui entraine une rotation de chaque disque 6a,6b,6c sur un cercle dit cercle proximal. La rotation de chaque disque 6a,6b,6c entraine la rotation du bras 8a,8b,8c qui lui est mécaniquement relié sur un autre cercle, dit cercle distal. Chaque bras 8a,8b,8c appliquant alors une force sur la plateforme 2 de manière à en changer la position.

[0054] Chaque pignon 5a,5b,5c et chaque axe correspondant sont disposés dans un secteur de 120° différent. Cet angle de décalage de 120° se retrouve également au niveau de la position au repos de chaque tête de disque 7,7a,7b,7c, chaque tête de disque 7,7a,7b,7c étant disposée à 120° des deux autres.

[0055] La figure [Fig.4] illustre un disque 6 comprenant un support de roulement 9, un habillage 10, relié à une tête de disque 7 reliée elle-même à un bras 8. L'ensemble formé par le disque 6, la tête de disque 7 et le bras 8 est associé à un des trois axes ou degrés de liberté de l'articulation. L'articulation comprend ainsi trois ensembles similaires, associés chacun à un degré de liberté différent. L'utilisation de trois ensembles similaires permet également réduire les couts de production, tant en usinage numérique qu'en injection plastique.

[0056] Chaque disque 6,6a,6b,6c comprend un support de roulement 9 conçu de sorte à ménager des passages pour l'insertion et la mise en place des pignons 5a,5b,5c reliés

aux moteurs par des axes. Du fait de la faible quantité d'efforts perçue par cette pièce, elle peut être réalisée par injection plastique que par usinage numérique. Les supports de roulement 9 de chaque disque 6,6a,6b,6c sont empilés les uns sur les autres et fixés à la base B par l'intermédiaire de vis. Ces vis sont conçues de sorte à coopérer avec des trous taraudés ménagés dans la base B. On comprendra alors que chaque support de roulement 9 est fixé à la base B alors que les disques 6,6a,6b,6c sont entrainés en rotation par la couronne 4,4a,4b,4c correspondante.

[0057] Chaque support de roulement 9 est associé à un roulement permettant d'assurer la rotation du disque 6,6a,6b,6c correspondant et d'en maintenir la position dans l'articulation 1. Le support de roulement 9 et le roulement correspondant sont compris dans un habillage 10 de disque, solidaire de la couronne 4a,4b,4c relative au disque. L'habillage 10 de disque est solidarisé à une tête de disque 7 par l'intermédiaire d'un épaulement 10a et de moyens de fixation.

[0058] En d'autres termes, un premier disque 6a est connecté à un premier bras 8a par l'intermédiaire d'une tête de disque 7a, le premier disque 6a étant entrainé par un premier moteur 3a par l'intermédiaire d'une première couronne 4a, et d'un premier pignon 5a. Le agencement similaire est prévu pour le deuxième disque 6b et le troisième disque 6c pour lesquels une extrémité de chaque bras est assemblée à la tête de disque à une hauteur différente de l'habillage 10. L'autre extrémité de chaque bras 8a,8b,8c est alors connecté à la plateforme 2 alors que la plateforme 2 est comprise dans un plan normal à l'axe de la barre cylindrique.

[0059] Dans un mode de réalisation particulier illustré par la figure [Fig.5], la sphère S, la barre cylindrique T et la base B sont munis chacun d'un trou traversant, chaque trou communiquant avec les autres. On comprendra que dans le cas de la barre cylindrique T, le trou est ménagé sous la forme d'un percement axial. La barre cylindrique T est alors en essence un tube creux. Les avantages liés à l'ensemble sphère barre cylindrique et base décrit plus haut sont également valables ici lorsque la barre cylindrique est munie d'un percement axial.

[0060] Dans le cas d'un équipement, notamment un actionneur, disposé en aval de l'articulation, le câble C d'alimentation et/ou de commande de cet équipement peut être disposé à travers le trou de la sphère S, dans le tube creux T et à travers le trou de la base B, pour déboucher entre les moteurs 3a,3b,3c. Le câble C circule dans le tube creux T, entre les pignons 5a,5b,5c et à l'intérieur des couronnes 4a,4b,4c, à travers le trou central des supports de roulement 9 de chaque disque 6,6a,6b,6c. Il n'interagit ainsi pas avec le fonctionnement de l'articulation et est protégé de l'environnement à l'intérieur de l'articulation. Le câble C ainsi disposé ne peut pas non plus interagir avec les bras 8a,8b,8c, protégeant ainsi l'articulation d'un endommagement.

[0061] Dans une mise en œuvre particulière de ce mode de réalisation, on limite l'amplitude

de rotation des disques 6,6a,6b,6c de sorte à éviter un endommagement du câble C par torsion lors de la rotation de l'équipement auquel il est connecté, équipement disposé en aval de l'articulation 1.

[0062] Pour réaliser cela, des butées et des excroissances sont disposées dans les différents disques afin d'en limiter la rotation.

[0063] Plus précisément, un habillage 10 de disque est muni d'une butée de rotation 10b destinée à limiter la rotation du disque 6,6a,6b,6c correspondant. La figure [Fig.6] illustre un disque 6a comprenant un support de roulement 9, un habillage 10, une butée de rotation 10b et solidaire d'une tête de disque 7a. Les autres têtes de disque 7b,7c sont représentées mais ne sont pas solidaires de l'habillage 10 de ce disque 6a.

[0064] Le support de roulement 9 comprend des passages 11 pour l'insertion des pignons 5a,5b,5c et des trous 12a,12,12c dans lesquels sont insérées les vis de maintien à la base B. Le tube creux T s'étend au centre du support de roulement.

[0065] En plus des butées 10b, le support de roulement 9 de chaque disque 6,6a,6b,6c comprend une excroissance 9a localisée sur son pourtour inférieur. La figure [Fig.7] illustre un tel support de roulement 9 muni d'une excroissance 9a. On retrouve les passages 11 et les trous 12a,12b,12c.

[0066] Afin de permettre la rotation du disque muni d'une butée, un espace est ménagé entre l'habillage 10 et le support de roulement 9. Ceci est réalisé en prévoyant un diamètre extérieur de la partie inférieure du support de roulement 9 inférieure au diamètre intérieur de l'habillage 10 correspondant. Une gorge est alors formée lors de l'assemblage de l'habillage 10 et du support de roulement 9, interrompue par l'excroissance 9a.

[0067] Un disque 6,6a,6b,6c est ainsi libre de tourner jusqu'à ce que la butée 10b présente sur son habillage 10 rentre en contact avec l'excroissance 9a du support de roulement 9 du disque immédiatement au-dessus. Le dernier disque 6c de l'empilement voit sa rotation bloquée par une excroissance similaire disposée dans un habillage disposé immédiatement au-dessus . Suivant le placement respectif des butées et des excroissances, on peut limiter la rotation accessible à chaque disque. Pour un placement d'une butée et d'excroissance, le disque peut accéder à un angle de rotation positif et à un angle de rotation négatif définis par rapport à une position de repos. L'articulation dans sa totalité est alors limitée à un angle positif et à un angle négatif égaux respectivement à la somme des angles positifs et négatifs accessibles à chaque disque. Dans une telle configuration la somme de l'angle positif et de l'angle négatif d'un disque est toujours égale à 360°.

[0068] En variante, une butée peut être disposée de part et d'autre de la position de repos, de sorte à pouvoir régler l'angle de rotation positif indépendamment de l'angle de rotation négatif. L'angle de rotation positif peut être égal ou différent de l'angle de rotation

négatif. On comprendra que dans une telle variante, un habillage de disque comprend deux butées qui coopèrent chacune avec une excroissance du support de palier du disque immédiatement au-dessus. Dans une telle configuration la somme de l'angle positif et de l'angle négatif d'un disque est inférieure ou égale à 360°.

[0069] Le même effet sera obtenu si on dispose d'une butée sur un habillage et de deux excroissances sur le support de palier immédiatement au-dessus.

[0070] Les butées peuvent également être repositionnables par l'intermédiaire d'une fixation amovible sur l'habillage correspondant. Il peut s'agir par exemple d'une butée à enficher dans un trou, plusieurs trous étant ménagés sur l'habillage, de façon régulièrement répartie ou non. Il peut également s'agir d'une butée à visser sur des trous taraudés.

[0071] Alternativement, la rotation d'un disque peut être limitée par la suppression ou l'omission d'une ou plusieurs dents de la couronne correspondante.

[0072] La figure [Fig.8] illustre l'articulation 1 à trois degrés de liberté après réalisation d'une commande. On notera que la plateforme est inclinée par rapport à sa position de repos illustrée par la figure [Fig.1]. On notera également que l'orifice de sortie de la sphère S demeure dégagé malgré l'inclinaison de la plateforme 2. Compte tenu des angles réalisables par la plateforme 2 dans des plans normaux au plan de la plateforme 2, cet orifice de sortie est toujours dégagé de sorte qu'un cisaillement du câble C par la plateforme n'est pas possible.

[0073] Chaque moteur 3a,3b,3c est par ailleurs muni de moyens de détermination de la position angulaire de son axe de sortie par rapport à une position de référence. De tels moyens de détermination sont illustrés par la figure [Fig.9].

[0074] Dans un premier mode de réalisation, les moyens de détermination de position angulaire comprennent une pluralité de capteurs magnétiques 13 disposés sur un plateau 14, avantageusement le circuit imprimé d'interface des capteurs magnétiques 13. La pluralité de capteurs magnétiques 13 est répartie de façon uniforme sur la périphérie du plateau 14 de sorte que l'écart entre deux capteurs magnétiques immédiatement en succession soit constant sur toute la périphérie.

[0075] Dans chaque tête de disque 7a,7b,7c est installé un élément magnétique15a,15b,15c disposé de manière à pouvoir être détecté par les capteurs magnétiques 13 . On comprendra qu'un tel agencement repose sur l'adéquation entre l'intensité du champ magnétique émis par chaque élément magnétique 15a,15b,15c, la sensibilité des capteurs magnétiques 13, considérés seuls ou en combinaison, et la distance entre chaque élément magnétique et la pluralité de capteurs magnétiques 13. Afin de pouvoir associer l'élément magnétique de chaque tête de disque avec une position déterminée, l'articulation 1 est initialisée en commandant un faible déplacement de chaque disque, l'un après l'autre. La position de l'élément magnétique détectée par les capteurs ma-

gnétiques 13 est alors associée au disque mis en mouvement. Une fois les trois disques mis en mouvement, les trois éléments magnétiques (dans le cas illustré ici) sont identifiés. Leur déplacement peut alors être suivi au fur et à mesure des commandes transmises à l'articulation.

[0076] Dans un deuxième mode de réalisation, les moyens de détermination de position angulaire comprennent des capteurs 16a,16b,16c en ligne avec chaque axe de rotation portant un pignon 5a,5b,5c. Les capteurs 16a,16b,16c permettent de réaliser un contrôle en boucle fermée de la rotation des moteurs 3a,3b,3c.

[0077] Dans un troisième mode de réalisation, les moyens de détermination de position comprennent une combinaison de capteurs magnétiques 13 et d'éléments magnétiques 15a,15b,15c selon le premier mode de réalisation et de capteurs de vitesse de rotation 16a,16b,16c selon le deuxième mode de réalisation. La [Fig.5] illustre un tel mode de réalisation, permettant de détecter la position têtes de disque 7 et des bras 8 au début de la mise en mouvement de l'articulation 1 grâce à la combinaison de capteurs magnétiques 13 et d'éléments magnétiques 15a,15b,15c puis de suivre leur déplacement avec précision grâce aux capteurs de vitesse de rotation 16a,16b,16c.

[0078] En se référant à nouveau à la figure [Fig.5], on peut noter que le ou les câbles C1,C2,C3 de connexion des capteurs magnétiques 13 et/ou des capteurs de vitesse de rotation 16a,16b,16c sont disposés à l'intérieur de l'articulation comme pour le câble C d'alimentation et de contrôle d'équipements en aval de l'articulation.

[0079] En se référant à nouveau à la figure [Fig.6], on peut noter que des lumières sont ménagées dans chaque support de roulement pour ces câbles C1,C2,C3, lesdites lumières étant ménagées dans l'alignement des passages 11, du tube creux T et des butées 12a,12b,12c. Tous comme le câble C, les câbles C1,C2,C3 sont ainsi protégés par l'articulation.

[0080] La figure [Fig.10] illustre un bras robotique 20 dans lequel l'articulation de poignet est réalisée par une articulation à trois degrés de liberté 1 selon l'invention. On notera que les moteurs 3 sont disposés à l'intérieur du bras robotique 20 de sorte qu'ils sont à la fois protégés et cachés. Les câbles C, C1,C2,C3 sont également compris à l'intérieur du bras robotique 20 et sont donc également protégés.

Revendications

[Revendication 1] Articulation à trois degrés de liberté pour un robot, comprenant une plateforme (2), trois moteurs (3a,3b,3c) reliés chacun à une couronne (4,4a,4b,4c) par l'intermédiaire d'un pignon (5a,5b,5c), chaque couronne (4,4a,4b,4c) étant disposée à l'intérieur d'un disque (6a,6b,6c) creux empilé sur une base (B), de sorte que chaque disque (6,6a,6b,6c) soit solidaire d'une couronne (4,4a,4b,4c),
chaque disque (6,6a,6b,6c) est par ailleurs lui-même solidaire d'une tête de disque (7,7a,7b,7c) s'étendant dans la même direction que l'empilement de la base (B) et des disques (6,6a,6b,6c),
pour chaque tête de disque (7,7a,7b,7c), un bras (8,8a,8b,8c) est connecté en rotation d'une part à la tête de disque (7,7a,7b,7c) et d'autre part à la plateforme (2), la plateforme étant reliée à la base (B) et aux disques creux uniquement par les trois bras (8,8a,8b,8c),
caractérisé par le fait que l'articulation à trois degrés de liberté comprend une sphère (S) reliée à la base (B) par une barre cylindrique (T), la sphère (S) étant disposée au centre d'une ouverture cylindrique ménagée au centre de la plateforme (2), la sphère (S), la barre cylindrique (T) et la base (B) coopérant afin de réaliser un renvoi d'efforts des générés au niveau de la plateforme (2) et des bras (8,8a,8b,8c).

[Revendication 2] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 1, dans laquelle chaque disque (6,6a,6b,6c) comprend un support de roulement (9) conçu de sorte à ménager des passages pour l'insertion et la mise en place des pignons (5a,5b,5c), les supports de roulement (9) de chaque disque (6,6a,6b,6c) sont empilés les uns sur les autres et fixés à la base (B) par l'intermédiaire de vis et de trous taraudés ménagés dans la base (B), chaque support de roulement (9) recevant un roulement permettant la rotation du disque (6,6a,6b,6c) correspondant.

[Revendication 3] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 2, dans laquelle le support de roulement (9) et le roulement correspondant sont compris dans un habillage (10) de disque, solidaire d'une part de la couronne (4a,4b,4c) relative au disque et d'autre part de la tête de disque (7,7a,7b,7c) correspondante.

[Revendication 4] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 3, dans laquelle l'habillage (10) de disque est muni d'une butée de rotation (10b), le support de roulement (9) de chaque disque (6,6a,6b,6c) comprend une excroissance (9a) localisée sur son pourtour inférieur, le

diamètre extérieur du pourtour inférieur du support de roulement (9) étant inférieur au diamètre intérieur de l'habillage (10) correspondant, de sorte qu'une gorge est alors formée lors de l'assemblage de l'habillage (10) et du support de roulement (9), interrompue par l'excroissance (9a), la butée de rotation (10b) d'un disque et l'excroissance (9a) d'un disque immédiatement au-dessus coopérant afin de limiter la rotation du disque muni de la butée de rotation (10b).

[Revendication 5] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 4, dans laquelle un habillage (10) de disque comprend deux butées (10b), de sorte à pouvoir régler, en coopération avec une excroissance (9a), un angle de rotation positif dudit disque indépendamment de l'angle de rotation négatif dudit disque.

[Revendication 6] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 4, dans laquelle deux excroissances sont prévues sur un support de palier, de sorte à pouvoir régler, en coopération avec une butée (10a), un angle de rotation positif dudit disque indépendamment de l'angle de rotation négatif dudit disque.

[Revendication 7] Articulation à trois degrés de liberté selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans laquelle une butée est repositionnable par l'intermédiaire d'une fixation amovible sur l'habillage correspondant et/ou une excroissance est repositionnable par l'intermédiaire d'une fixation amovible sur le support de roulement correspondant.

[Revendication 8] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 1 à 3, dans laquelle une ou plusieurs dents de la couronne d'un disque sont supprimées, de sorte à limiter la rotation du disque correspondant.

[Revendication 9] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 1 à 8, dans laquelle un moteur (3a,3b,3c) est muni de moyens de détermination de la position angulaire de son axe de sortie par rapport à une position de référence.

[Revendication 10] Articulation à trois degrés de liberté selon la revendication 9, dans laquelle les moyens de détermination de position angulaire comprennent une pluralité de capteurs magnétiques (13) répartie circulairement autour de la barre cylindrique (T), associée à un élément magnétique (15a,15b,15c) disposé dans chaque tête de disque (7a,7b,7c) de manière à pouvoir être détecté par les capteurs magnétiques (13).

[Revendication 11] Articulation à trois degrés de liberté selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, dans laquelle les moyens de détermination de position angulaire comprennent des capteurs (16a,16b,16c) en ligne avec chaque

axe de rotation portant un pignon (5a,5b,5c).

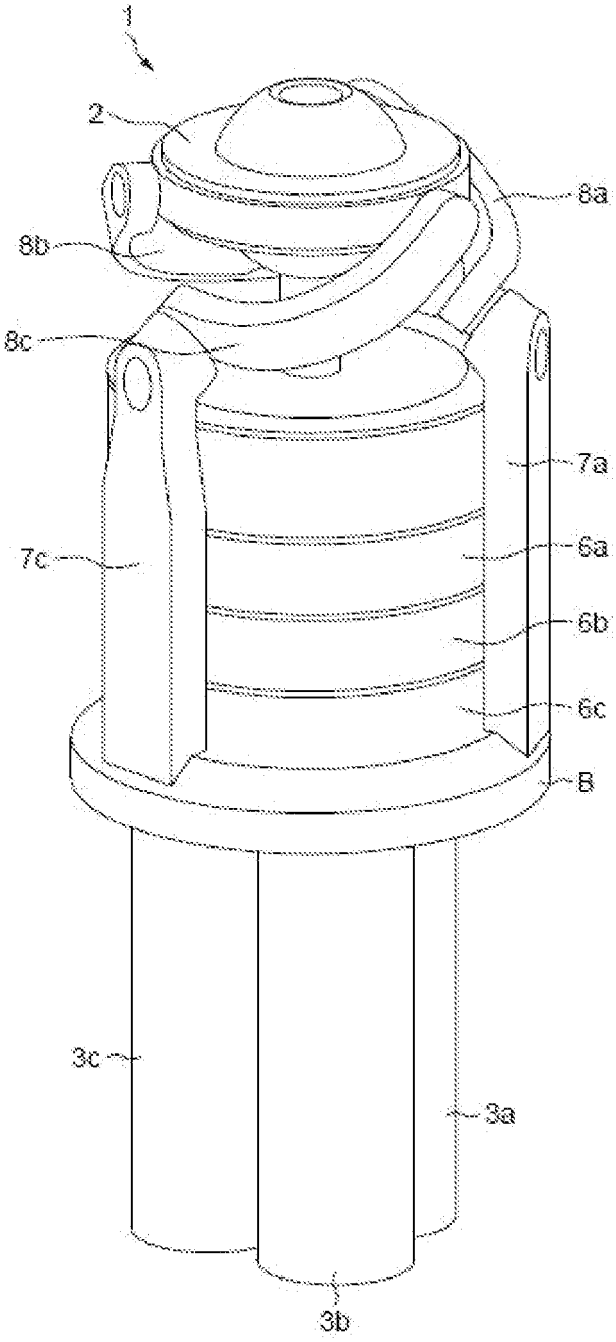
[Revendication 12] Articulation à trois degrés de liberté selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle la surface de la sphère (S) est munie d'un revêtement minimisant les frottements entre la sphère (S) et la plateforme (2), notamment de type polytétrafluoroéthylène.

[Revendication 13] Articulation à trois degrés de liberté selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans laquelle la sphère (S), la barre cylindrique (T) et la base (B) sont munis chacun d'un trou traversant, chaque trou communiquant avec les autres.

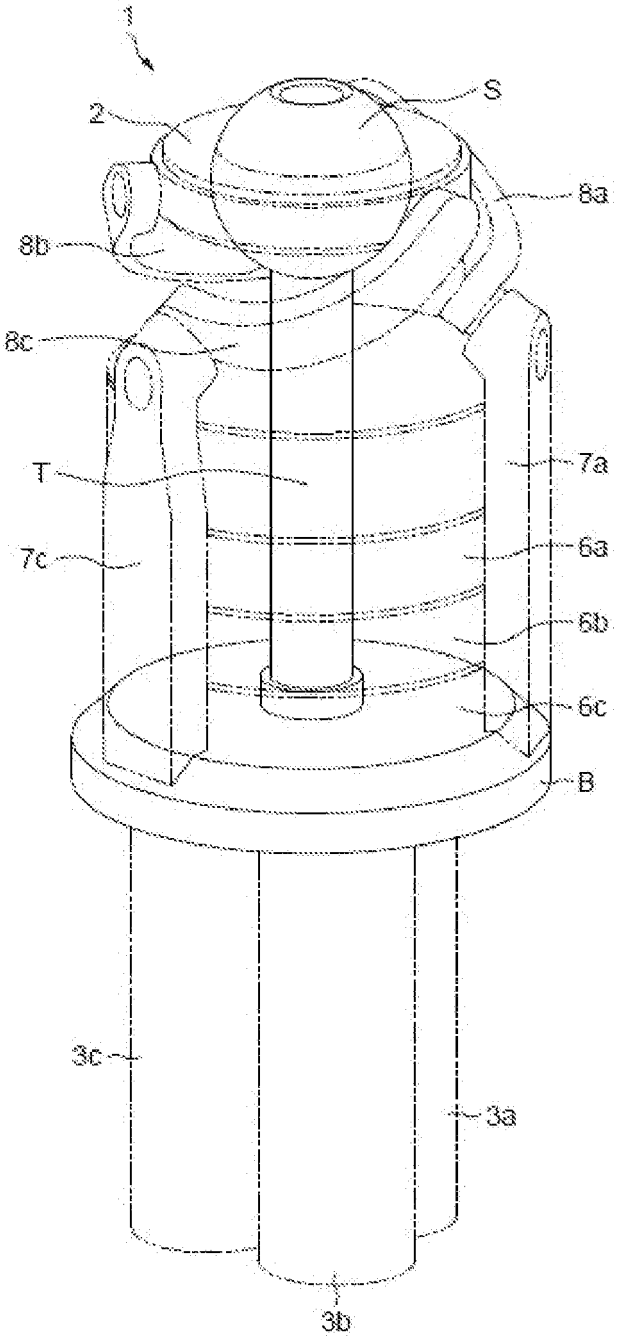
[Revendication 14] Membre de robot, comprenant au moins deux segments de membre réunis par une articulation (1) à trois degrés de liberté selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

[Revendication 15] Membre de robot comprenant au moins deux segments de membre réunis par une articulation (1) à trois degrés de liberté selon la revendication 13 ainsi qu'un équipement disposé en aval de l'articulation (1) à trois degrés de liberté, le câble d'alimentation et/ou de commande dudit équipement étant disposé à travers le trou de la sphère (S), la barre cylindrique (T) creuse et à travers le trou de la base (B), pour déboucher entre les moteurs (3a,3b,3c).

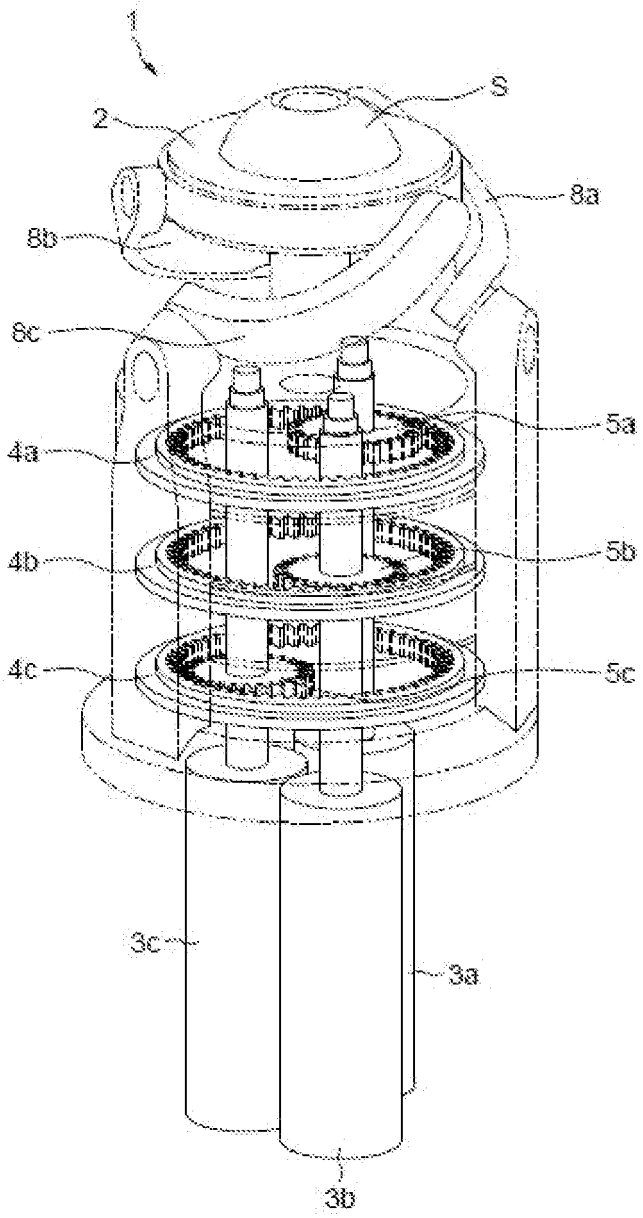
[Fig. 1]



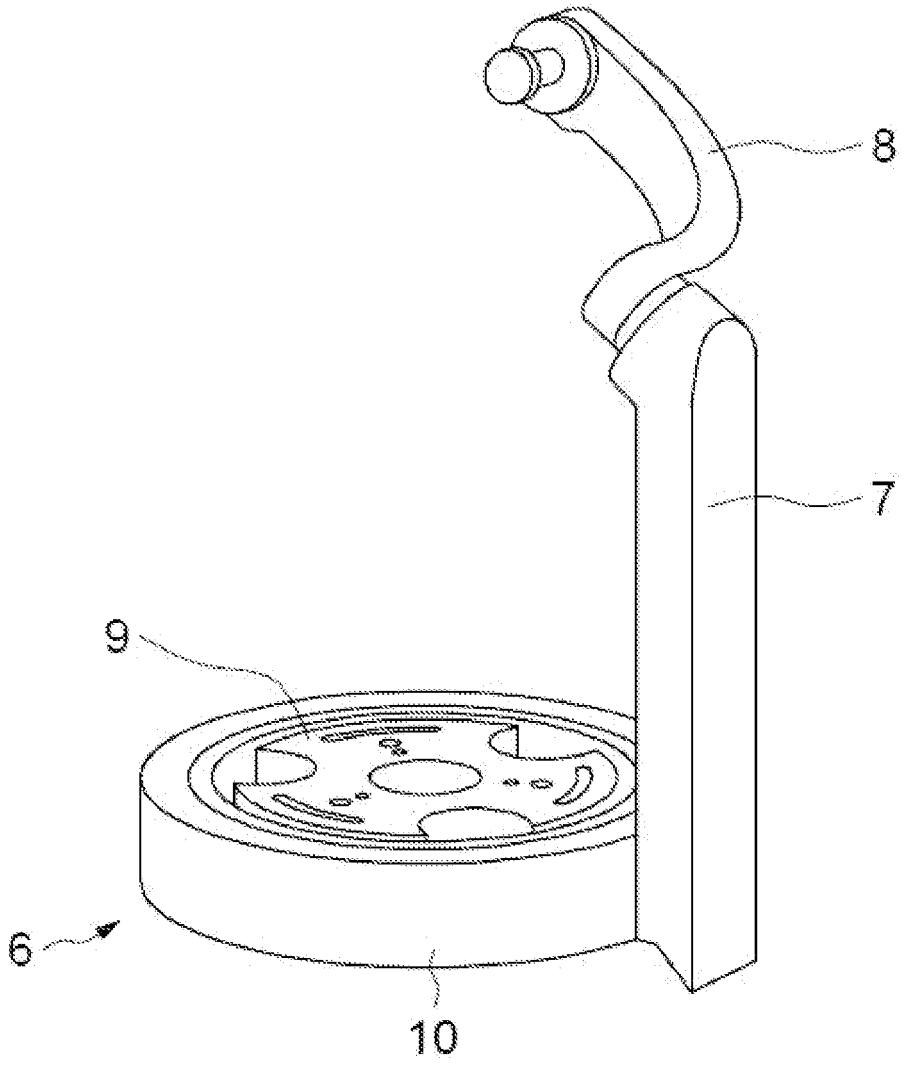
[Fig. 2]



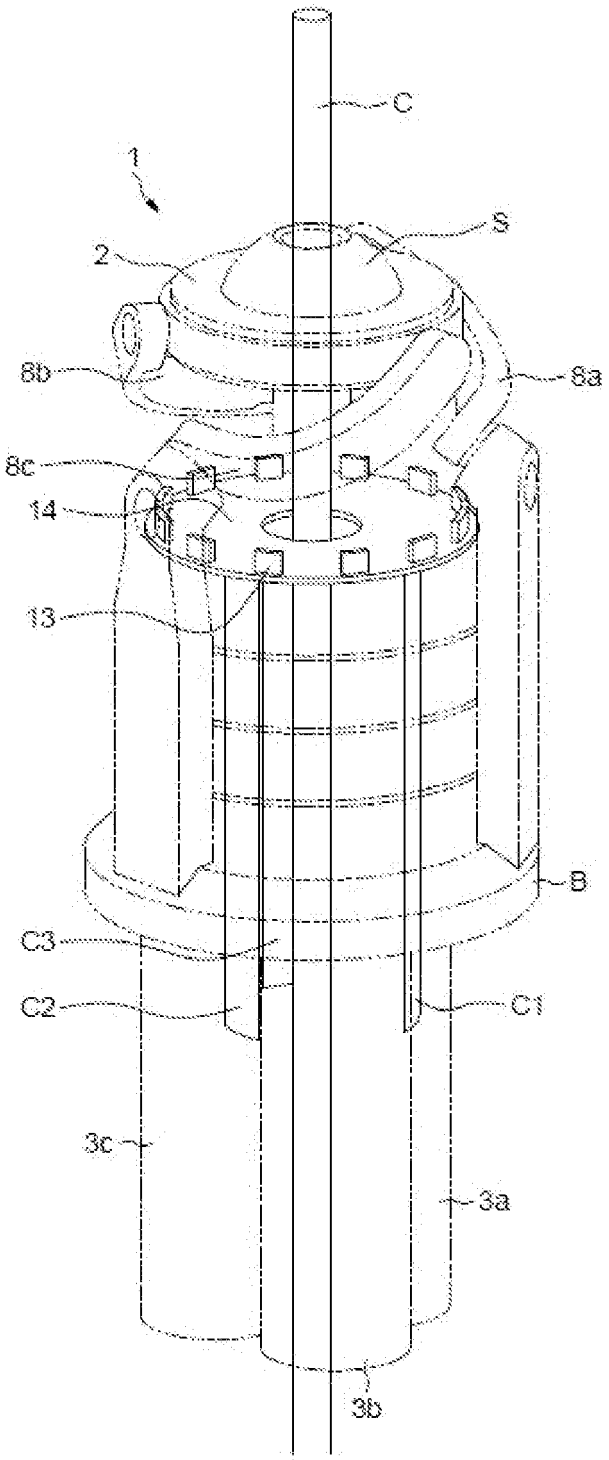
[Fig. 3]



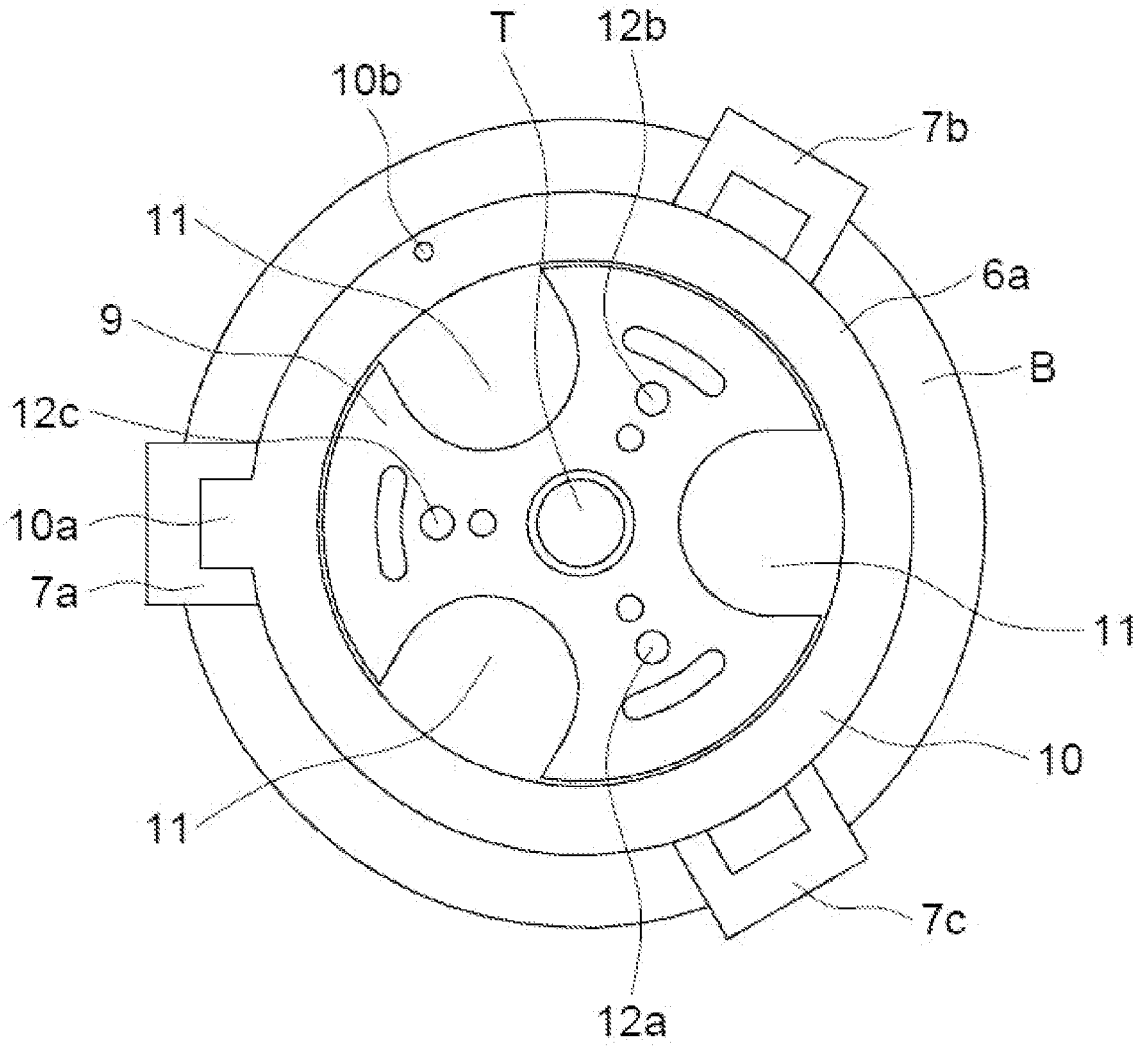
[Fig. 4]



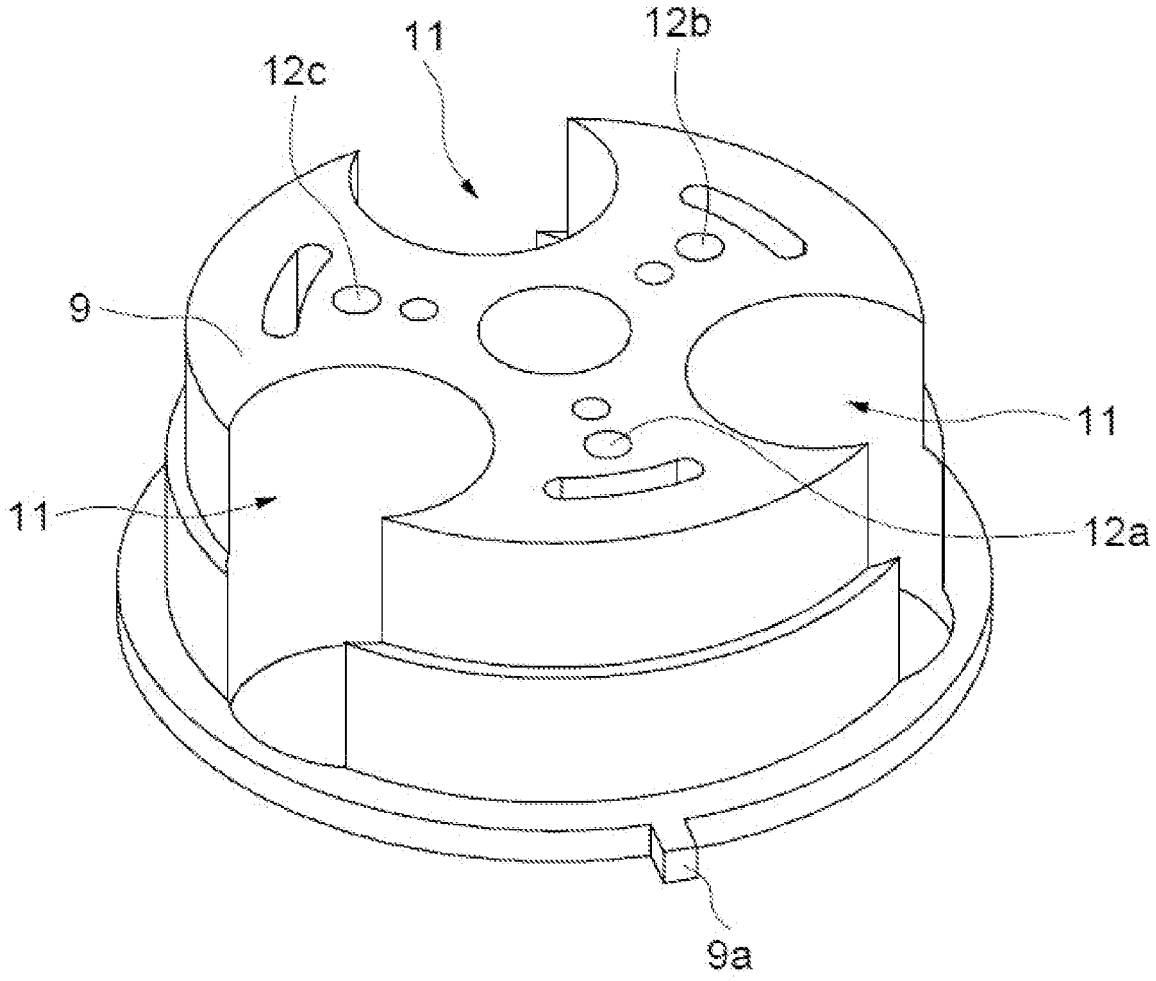
[Fig. 5]



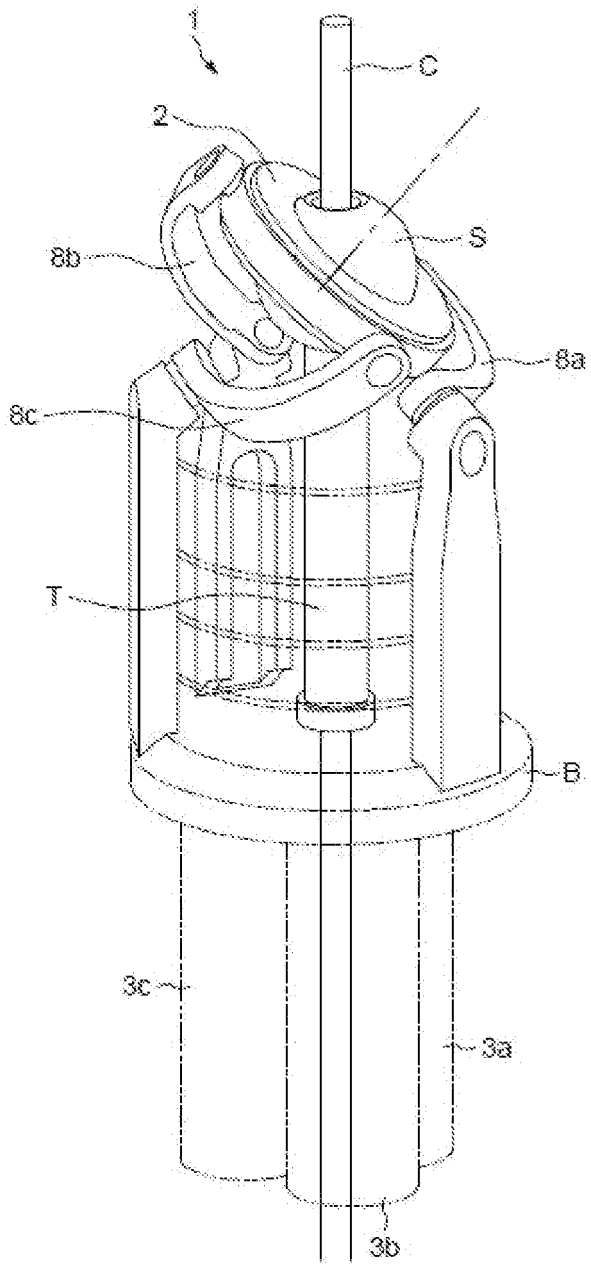
[Fig. 6]



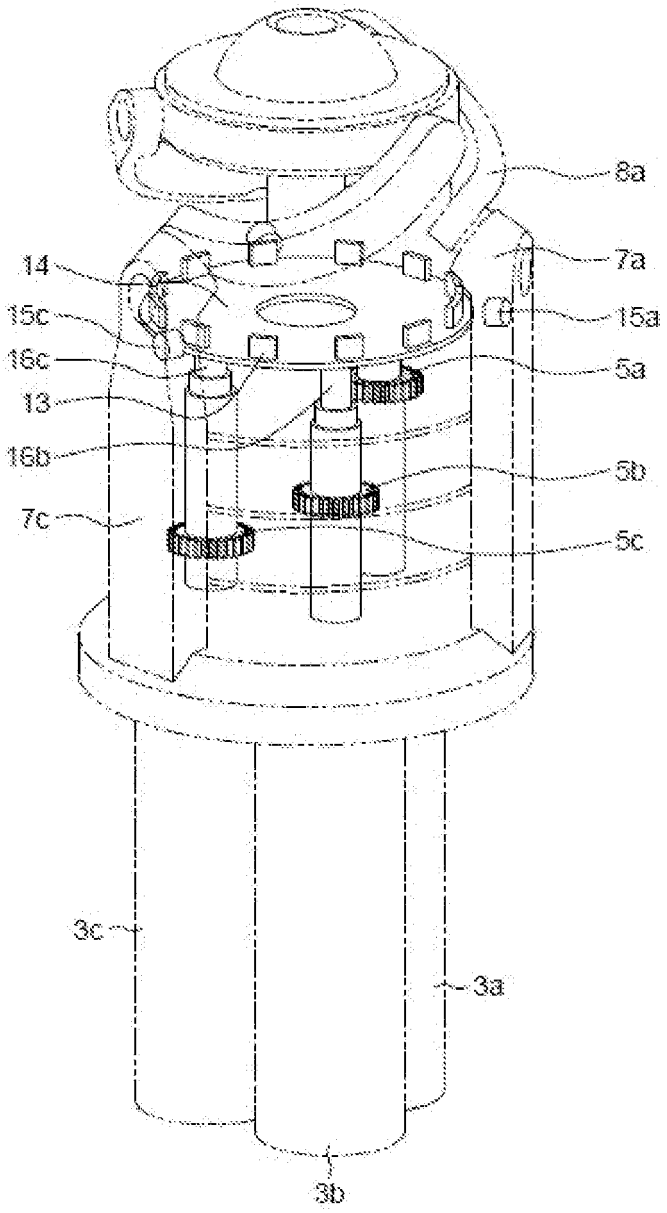
[Fig. 7]



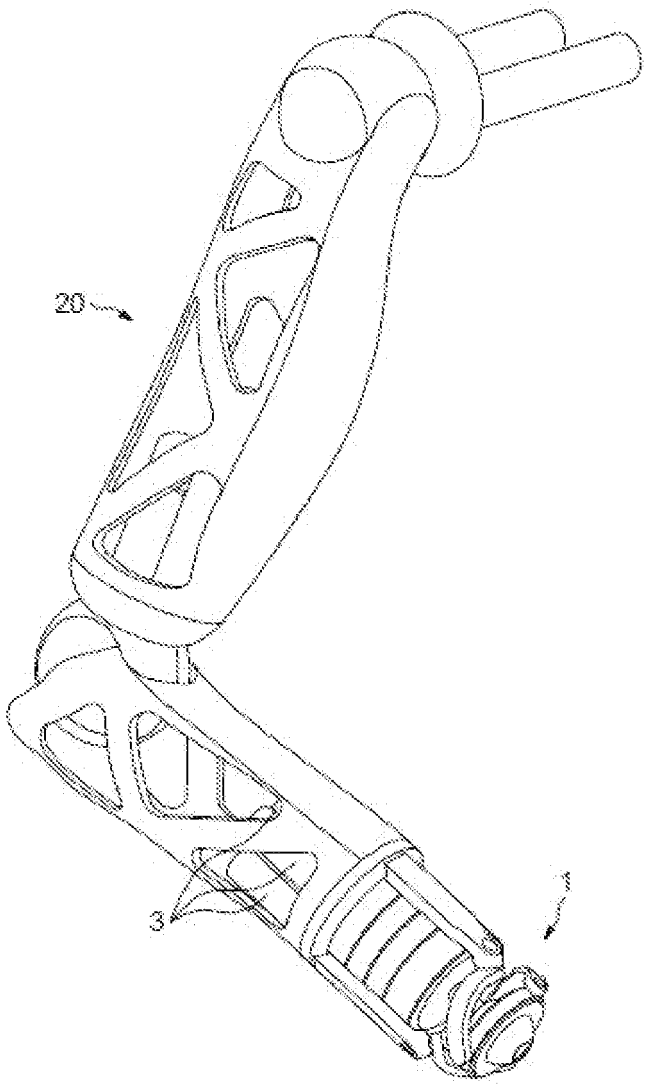
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement national

FA 914120
FR 2211298

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y A	WO 2021/089474 A1 (POLLEN ROBOTICS [FR]) 14 mai 2021 (2021-05-14) * figures 1-3 *	1,9-15 2-8	B25J17/02 B25J9/08 F16D3/00
Y	DE 10 2019 124358 B4 (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT [DE]) 11 novembre 2021 (2021-11-11) * alinéas [0039], [0044]; figures 1-4 *	1,9-15	
Y	US 9 073 204 B2 (ISOBE HIROSHI [JP]; OZAKI TAKAYOSHI [JP]; NTN TOYO BEARING CO LTD [JP]) 7 juillet 2015 (2015-07-07) * figures 1-3 *	15	
A	CN 108 972 505 A (UNIV SOUTH CHINA TECH) 11 décembre 2018 (2018-12-11) * figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B25J

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
2 juin 2023	Champion, Jérôme

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2211298 FA 914120

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-06-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2021089474 A1	14-05-2021	CA 3157152 A1	14-05-2021
		CN 114829077 A	29-07-2022
		EP 4054804 A1	14-09-2022
		FR 3102697 A1	07-05-2021
		JP 2023500382 A	05-01-2023
		KR 20220083815 A	20-06-2022
		US 2022395973 A1	15-12-2022
		WO 2021089474 A1	14-05-2021
DE 102019124358 B4	11-11-2021	AUCUN	
US 9073204 B2	07-07-2015	CN 102892559 A	23-01-2013
		DE 112011101684 T5	16-05-2013
		JP 5528207 B2	25-06-2014
		JP 2011240440 A	01-12-2011
		US 2013055843 A1	07-03-2013
		WO 2011145499 A1	24-11-2011
CN 108972505 A	11-12-2018	AUCUN	

EPO FORM P0465