(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 931 718**

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **08 53520**

(51) Int Cl[8] : ***B 25 J 17/02*** *(2006.01)*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 29.05.08.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 04.12.09 Bulletin 09/49.

(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 :**

(71) **Demandeur(s) :** *BIA Société par actions simplifiée* — FR.

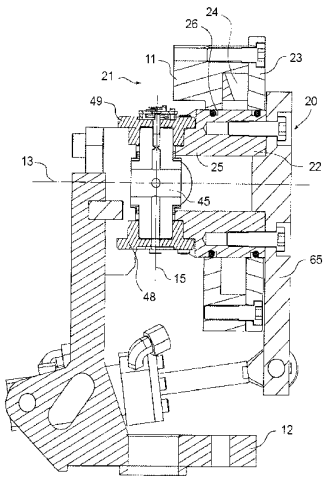
(72) **Inventeur(s) :** ALFAYAD SAMER, BEN OUEZDOU FATHI et NAMOUN FAYCAL.

(73) **Titulaire(s) :** BIA Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** MARKS & CLERK FRANCE.

(54) HANCHE POUR ROBOT HUMANOIDE.

(57) L'invention concerne une hanche, un robot humanoïde mettant en oeuvre la hanche et un procédé mettant en oeuvre la hanche. L'invention trouve une utilité particulière dans la réalisation de robots humanoïdes se rapprochant au mieux de morphologie humaine. La hanche relie une cuisse à un bassin du robot. Elle comporte trois actionneurs (20, 35, 36) permettant chacun un mouvement en rotation de la cuisse par rapport au bassin autour d'un axe (13, 14, 15), les trois axes étant distincts. Au moins deux de ces actionneurs (35, 36) agissent en parallèle sur la cuisse.



FR 2 931 718 - A1

Hanche pour robot humanoïde

L'invention concerne une hanche, un robot humanoïde mettant en œuvre la hanche et un procédé mettant en œuvre la hanche. L'invention trouve une utilité particulière dans la réalisation de robots humanoïdes se rapprochant au mieux de morphologie humaine.

Un modèle mathématique modélisant cette morphologie a été développé dans les années 1960 aux Etats-Unis par Aerospace Medical Research Laboratories situé à Dayton, Ohio. Ce modèle, bien connu sous le nom de modèle de Hanavan, décrit de façon paramétrique, en rapport à une taille et masse humaines données, les dimensions de toutes les parties du corps. Généralement, la hanche est décrite comme une articulation possédant trois degrés de liberté en rotation. Les dimensions de la hanche et des parties du corps l'entourant : bassin et cuisse sont également décrites. Par exemple, pour un adolescent de 14 ans, de taille 1,6m et de masse 50kg, la cuisse peut être représentée par un cône tronqué de 392 mm de hauteur, de 46 mm pour le petit rayon et de 74mm pour le grand rayon. Pour le même robot et en utilisant ce modèle, le bassin est représenté par un parallélépipède de 189 mm de hauteur, 230 mm de largeur, et 160 mm de profondeur. La distance entre les deux hanches est égale à deux fois le grand rayon de la cuisse. La hauteur de la cuisse est définie comme la distance entre la liaison formée par le hanche et celle formée par le genou.

Un calcul dynamique, montre que pour réaliser une marche à une vitesse de 1,2 m/s, et toujours pour un robot de 1,6 m et 50kg, la liaison de la hanche dans le plan sagittal nécessite un couple de l'ordre 45 N.m, avec une vitesse maximale de 2,7 rad/s, et un débattement articulaire de -30° à +30°. Par contre dans le plan frontal la liaison nécessite un couple de l'ordre 35 N.m, avec une vitesse maximale de l'ordre 1 rad/s, et un débattement articulaire de -5° à +10°.

A l'heure actuelle, de nombreux robots humanoïdes ont été développés, mais aucun ne respecte le modèle de Hanavan, notamment au niveau de l'encombrement de la jambe. On trouve par exemple des robots dont la hanche est réduite à une articulation de type joint de cardan, c'est-à-dire ne comprenant que deux degrés de libertés, une rotation dans le plan sagittal et une rotation dans le plan frontal. De plus, les mécanismes d'actionnement utilisés pour motoriser ces deux degrés de libertés, en

suivant les paramètres issus du calcul dynamique, sortent des dimensions prévues dans le modèle de Hanavan.

L'invention vise à améliorer la concordance entre la réalisation d'un robot et l'anatomie humaine, par exemple modélisé dans le modèle de Hanavan. L'invention propose également un robot mettant en œuvre cette hanche.

A cet effet, l'invention a pour objet une hanche pour robot humanoïde reliant une cuisse à un bassin du robot, caractérisé en ce qu'elle comporte trois actionneurs permettant chacun un mouvement en rotation de la cuisse par rapport au bassin autour d'un axe, les trois axes étant distincts, et en ce que au moins deux de ces actionneurs agissent en parallèle sur la cuisse.

L'invention a également pour objet un robot humanoïde caractérisée en ce qu'il comprend au moins une hanche selon l'invention.

L'invention a encore pour objet un procédé d'actionnement d'une hanche comprennent deux vérins linéaires permettant le déplacement d'une liaison à deux degrés de liberté en rotation, caractérisé en ce que pour mouvoir la hanche selon un premier axe de la liaison, on agit simultanément sur les deux vérins dans le même sens et en ce que pour mouvoir la hanche selon un second axe de la liaison, on agit simultanément sur les deux vérins en sens opposé.

Grace à trois degrés de libertés, respectivement dans un plan frontal, un plan sagittal et un plan horizontal, la démarche d'un robot humanoïde mettant en œuvre une hanche conforme à l'invention sera beaucoup plus anthropomorphique.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

la figure 1 représente en perspective une hanche conforme à l'invention ;

la figure 2 représente la hanche en coupe dans un plan frontal ;

la figure 3 représente en coupe un des actionneurs de la hanche ;

la figure 4 représente en coupe un croisillon de la hanche ;

la figure 5 représente en coupe deux autres actionneurs de la hanche.

Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures. Le dessin est donné à titre illustratif et les échelles n'y sont pas totalement respectées.

La figure 1 représente une hanche 10 conforme à l'invention. La hanche 10 est mise en œuvre dans un robot humanoïde et relie une cuisse à un bassin du robot. La hanche 10 comprend une première pièce d'interface 11 solidaire du bassin et une seconde pièce d'interface 12 solidaire de la cuisse. Pour ne pas surcharger les différentes figures, ni le bassin, ni la cuisse ne sont représentés et seuls les éléments de la hanche 10 reliant les deux pièces d'interface 11 et 12 sont représentés.

La hanche 10 comporte trois actionneurs permettant chacun de mouvoir en rotation la cuisse par rapport au bassin autour d'un axe, les trois axes étant distincts. Plus précisément, dans l'exemple représenté, le premier axe 13 est un axe sagittal, le deuxième axe 14 est un axe frontal et le troisième axe 15 est vertical. Par convention, on désigne par axe sagittal, un axe perpendiculaire au plan sagittal, plan dans lequel le mouvement de marche du robot se fait principalement. De même, on désigne par axe frontal, un axe perpendiculaire au plan frontal du robot. Le plan frontal est perpendiculaire au plan sagittal.

Les actionneurs peuvent utiliser de l'énergie hydraulique ou électrique.

La figure 2 représente la hanche en coupe dans un plan frontal. Cette figure permet de mieux visualiser les actionneurs. L'actionneur permettant de mouvoir la hanche autour de l'axe sagittal 13 est un moteur rotatif hydraulique 20 comportant un stator 21 et un rotor 22. Le stator 21 est formé de la pièce d'interface 11 et d'une plaque de fermeture 23. Une gorge annulaire 24 est réalisée dans la pièce d'interface 11 et est fermée par la plaque 23.

La figure 3 représente en coupe dans un plan vertical, passant par la gorge annulaire 24, le stator 21 et le rotor 22. La gorge annulaire 24 s'étend sur 270° autour de l'axe 13. Le rotor 22 comprend un arbre tubulaire 25 pouvant se déplacer en rotation dans un alésage 26 réalisé à la fois dans

la pièce d'interface 11 et dans la plaque 23 Le rotor 22 comprend également un papillon 27 pouvant se déplacer dans la gorge 24. Le papillon 27 et l'arbre tubulaire 25 forment une seule pièce mécanique. L'alésage 26 s'étend selon l'axe sagittal 13. Le papillon 27 comble la gorge 24 suivant un arc de cercle de 90° autour de l'axe sagittal 13.

La différence de dimension angulaire entre le papillon 27 et la gorge 24 laisse subsister deux espaces libres de part et d'autre du papillon 27. Ces espaces forment deux chambres 28 et 29 dans lesquelles on peut acheminer un fluide hydraulique par l'intermédiaire de raccords, respectivement 30 et 31. Une différence de pression du fluide entre les deux chambres 28 et 29 permet de faire tourner le rotor 22 par rapport au stator 21. Cette différence de pression peut être générée par une pompe hydraulique installée à bord du robot. Pour améliorer l'indépendance des différents actionneurs entre eux, il est possible de prévoir une pompe dédiée à chaque actionneur. Les différentes pompes peuvent être logées dans la cuisse ou dans le bassin au plus près des actionneurs, afin de limiter la longueur des canalisations hydrauliques reliant chaque pompe à l'actionneur associé. Sur la figure 3, le rotor 22 est représenté en position centrale par rapport au stator 21 permettant un débattement de + ou – 90° par rapport à cette position centrale. D'autres dimensions angulaires pour le papillon 27 et la gorge 24 permettent d'accroitre ou de réduire l'amplitude du mouvement angulaire du rotor 22 par rapport au stator 21.

La hanche 10 comprend deux actionneurs 35 et 36 agissant en parallèle sur la cuisse. Ces deux actionneurs permettent la rotation de la cuisse autour de l'axe frontal 14 et de l'axe vertical 15. Cette action en parallèle permet d'éviter que l'un des actionneurs ne supporte l'autre. Il est par exemple possible de réaliser une liaison motorisée à trois degrés de liberté en rotation à partir de trois moteurs rotatifs assemblés en série. Plus précisément le rotor d'un moteur est solidaire du stator du moteur qui le suit dans la chaîne cinématique. Cette conception, prévoyant des actionneurs en série, impose de dimensionner l'actionneur amont dans la chaîne cinématique pour qu'il soit capable de supporter la charge de l'actionneur aval en plus de la charge de l'objet à déplacer, en l'occurrence la cuisse. Une hanche conforme à l'invention prévoit que deux au moins des trois

actionneurs agissent en parallèle. Autrement dit, les deux actionneurs agissent directement, entre les éléments à déplacer, sans passer par l'autre actionneur. Un quelconque des actionneurs en parallèle ne supporte pas la charge induite par l'autre actionneur, mais seulement celle engendrée l'objet à déplacer, ce qui permet de réduire ses dimensions. Dans l'exemple décrit, la hanche 10 comprend deux actionneurs agissant en parallèle. Il est également possible de prévoir un mécanisme sphérique à trois degrés de liberté en rotation dans lequel

A cet effet, la hanche 10 comprend une liaison 37 à deux degrés de liberté en rotation selon des axes sécants, l'axe frontal 14 et l'axe vertical 15. La liaison 37 peut s'apparenter à une liaison de type joint de cardan. Le point d'intersection des deux axes 14 et 15 porte le repère 38. La liaison 37 relie deux éléments que sont, dans l'exemple représenté, le rotor 22 et la pièce d'interface 12. La motorisation de la liaison 37 est réalisée au moyen des deux actionneurs 35 et 36 qui sont formé chacun d'un vérin linéaire disposé entre le rotor 22 et la pièce d'interface 12. Chaque vérin 35 et 36 permet un déplacement selon un axe, respectivement 39 et 40. Le point d'intersection 38 des axes 14 et 15 n'est pas situé sur les axes des vérins afin qu'une action sur les vérins puisse mouvoir la liaison 37. Dans l'exemple décrit, la liaison 37 et sa motorisation sont portées par le rotor 22. Autrement dit, la liaison 37 est en aval du moteur 20 dans la chaîne cinématique de la hanche 10. Il est également possible de prévoir une liaison motorisée à deux degrés de liberté en amont du moteur 20.

Avantageusement, la liaison 37 comprend un croisillon 45 pouvant pivoter autour d'un axe de la liaison 37 par rapport à un premier des deux éléments et autour de l'autre axe de la liaison 37 par rapport à un second des deux éléments. Dans l'exemple représenté, le croisillon 45 peut pivoter autour de l'axe vertical 15 par rapport au rotor 22 et autour de l'axe frontal 14 par rapport à la pièce d'interface 12 solidaire de la cuisse.

La figure 4 représente en coupe la liaison 37 dans un plan contenant les axes 14 et 15. Le croisillon 45 est formé de deux arbres 46 et 47 solidaires et perpendiculaires. L'arbre 46 s'étend suivant l'axe frontal 14 et l'arbre 47 s'étend suivant l'axe vertical 15. Deux paliers 48 et 49 permettent la rotation de l'arbre 47 par rapport au rotor 22 et deux paliers 50 et 51 permettent la rotation de l'arbre 46 par rapport à la pièce d'interface 12. Pour

connaître le déplacement angulaire de la hanche 10 selon les axes 14 et 15, on peut disposer dans chacun des paliers 49 et 50, un potentiomètre, respectivement 52 et 53 délivrant une information électrique fonction de la position angulaire du croisillon 45 par rapport au rotor 22 et à la pièce d'interface 12. Il est également possible d'équiper le moteur rotatif 20 d'un potentiomètre permettant de connaître la position angulaire de la cuisse autour de l'axe sagittal 13.

Les axes 39 et 40 des deux vérins linéaires 35 et 36 sont avantageusement parallèles entre eux. Il est bien entendu que ce parallélisme n'existe que dans une position particulière de la liaison 37, par exemple la position dans laquelle un robot équipé de la hanche 10 serait debout en équilibre sans marcher. La figure 5 est une vue en coupe de la hanche 10 dans un plan contenant les axes des vérins 35 et 36 lorsque ceux-ci sont parallèles. Les axes 39 et 40 peuvent être sensiblement parallèles à l'axe sagittal 13. Les vérins 35 et 36 sont par exemple hydrauliques à double effet. Chaque vérin possède deux extrémités 55 et 56 pour le vérin 35 ainsi que 57 et 58 pour le vérin 36. Pour permettre l'indépendance du mouvement des deux vérins, les extrémités 55 et 57 sont reliées chacun à la pièce d'interface 12 par l'intermédiaire d'une rotule, respectivement 59 et 60. De même, les extrémités 56 et 58 sont reliées chacun au rotor 22 par l'intermédiaire d'une rotule, respectivement 61 et 62.

La liaison des vérins 35 et 36 au rotor 22 peut se faire au moyen d'une plaque 65 solidaire de l'arbre tubulaire 25 du rotor 22. La plaque 65 s'étend dans un plan sagittal. Une tige 66 est solidaire en son milieu du bas de la plaque 65. Les rotules 61 et 62 sont disposées aux extrémités de la tige 66 de part et d'autre de la plaque 65. De même, une tige 67 est solidaire de la pièce d'interface 12 et les rotules 59 et 60 sont disposées aux extrémités de la tige 67 de part et d'autre de la pièce d'interface 12.

Les vérins 35 et 36 sont avantageusement hydrauliques. Ils comprennent alors chacun un piston 70 séparant deux chambres 71 et 72 des vérins. Comme pour le moteur rotatif 20, es chambres 71 et 72 sont alimentés par une différence de pression d'un fluide hydraulique.

Lorsque les deux vérins 35 et 36 sont actionnés dans le même sens, par exemple lorsque d'une part les extrémités 57 et 58 du vérin 36 et

d'autre part les extrémités 55 et 56 du vérin 35 se rapprochent simultanément, la pièce d'interface 12 tourne par rapport au rotor 22 autour de l'axe frontal 14. Au contraire, Lorsque les deux vérins 35 et 36 sont actionnés simultanément en sens opposé, la pièce d'interface 12 tourne par rapport au rotor 22 autour de l'axe vertical 15.

REVENDICATIONS

1. Hanche pour robot humanoïde reliant une cuisse à un bassin du robot, caractérisé en ce qu'elle comporte trois actionneurs (20, 35, 36) permettant chacun un mouvement en rotation de la cuisse par rapport au bassin autour d'un axe (13, 14, 15), les trois axes étant distincts, et en ce que au moins deux de ces actionneurs (35, 36) agissent en parallèle sur la cuisse.

2. Hanche selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier axe (13) est un axe sagittal, le deuxième axe (14) est un axe frontal et le troisième axe (15) est un axe vertical et en ce que les actionneurs (35, 36) permettant la rotation autour de l'axe frontal (14) et de l'axe vertical (15) agissent en parallèle sur la cuisse.

3. Hanche selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'elle comprend deux éléments (12, 22) reliés par une liaison (37) à deux degrés de liberté en rotation selon des axes (14, 15) sécants en un point (38), en ce que les deux actionneurs (35, 36) agissant en parallèles sont formé chacun d'un vérin linéaire (35, 36) disposé entre les deux éléments, chaque vérin (35, 36) se déplaçant selon un axe (39, 40) et en ce que le point d'intersection (38) des axes (14, 15) n'est pas situé sur les axes (39, 40) des vérins (35, 36).

4. Hanche selon la revendication 3, caractérisé en ce que la liaison (37) comprend un croisillon (45) pouvant pivoter autour d'un axe (15) de la liaison (37) par rapport à un premier (22) des deux éléments et autour de l'autre axe (14) de la liaison (37) par rapport à un second (12) des deux éléments.

5. Hanche selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que les axes (39, 40) des deux vérins linéaires (35, 36) sont parallèles.

6. Hanche selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'elle comprend un moteur rotatif (20) comportant un stator (21) et un

rotor (22), le moteur (20) actionnant la hanche (10) autour d'un de ses axes (13).

7. Hanche selon la revendication 6 en tant que revendication dépendante de l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que le stator (21) est solidaire du bassin et le rotor (22) est solidaire d'un premier (22) des deux éléments et en ce que le second (12) des deux éléments est solidaire de la cuisse.

8. Hanche selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les actionneurs (20, 35, 36) utilisent de l'énergie hydraulique ou électrique.

9. Robot humanoïde caractérisée en ce qu'il comprend au moins une hanche (10) selon l'une des revendications précédentes.

10. Procédé d'actionnement d'une hanche selon la revendication 5 ou selon l'une quelconque des revendications 6 à 8 en tant que revendication dépendante de la revendication 5, caractérisé en ce que pour mouvoir la hanche (10) selon un premier axe (14) de la liaison (37), on agit simultanément sur les deux vérins (35, 36) dans le même sens et en ce que pour mouvoir la hanche (10) selon un second axe (15) de la liaison (37), on agit simultanément sur les deux vérins (35, 36) en sens opposé.

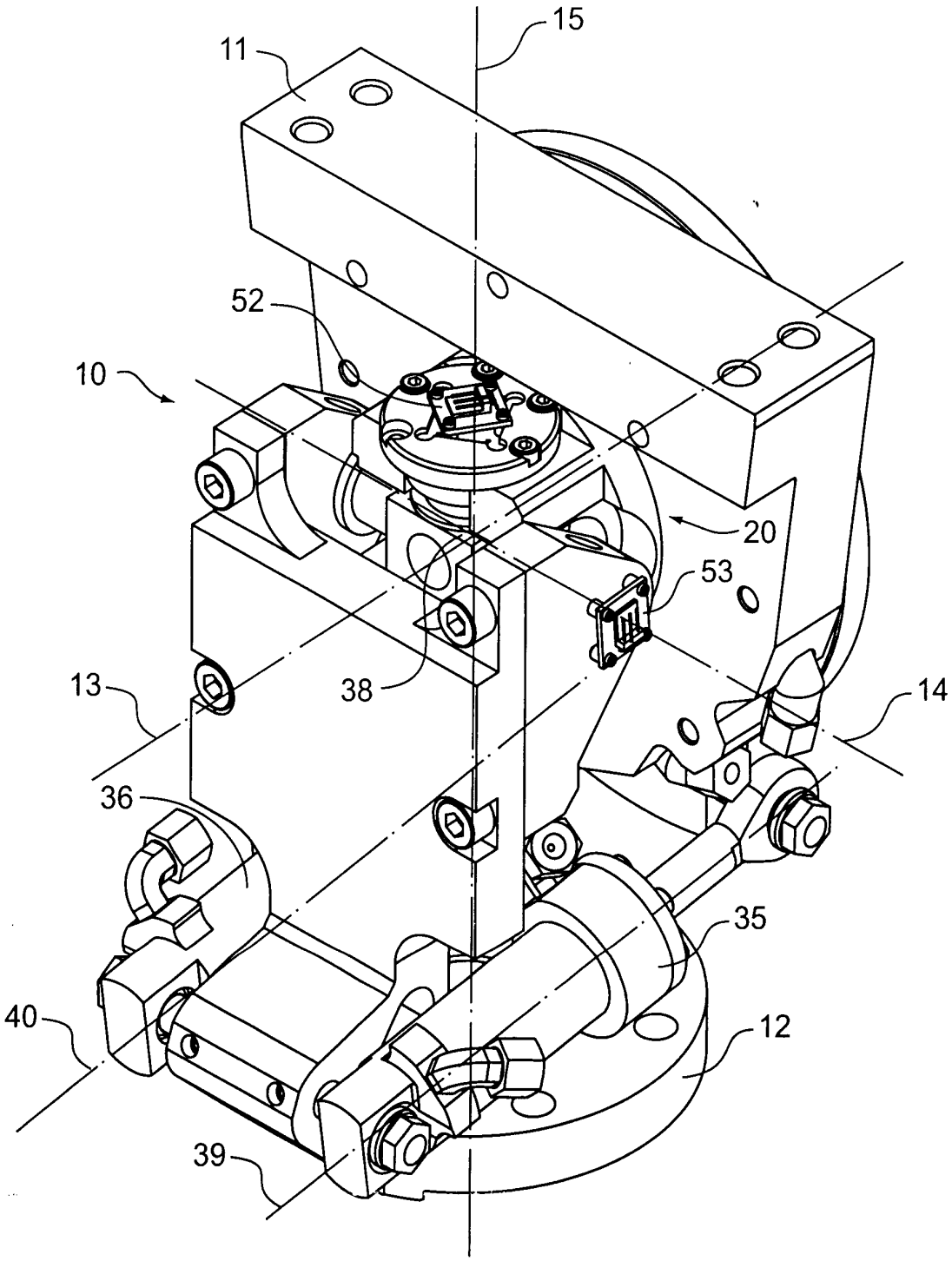


FIG.1

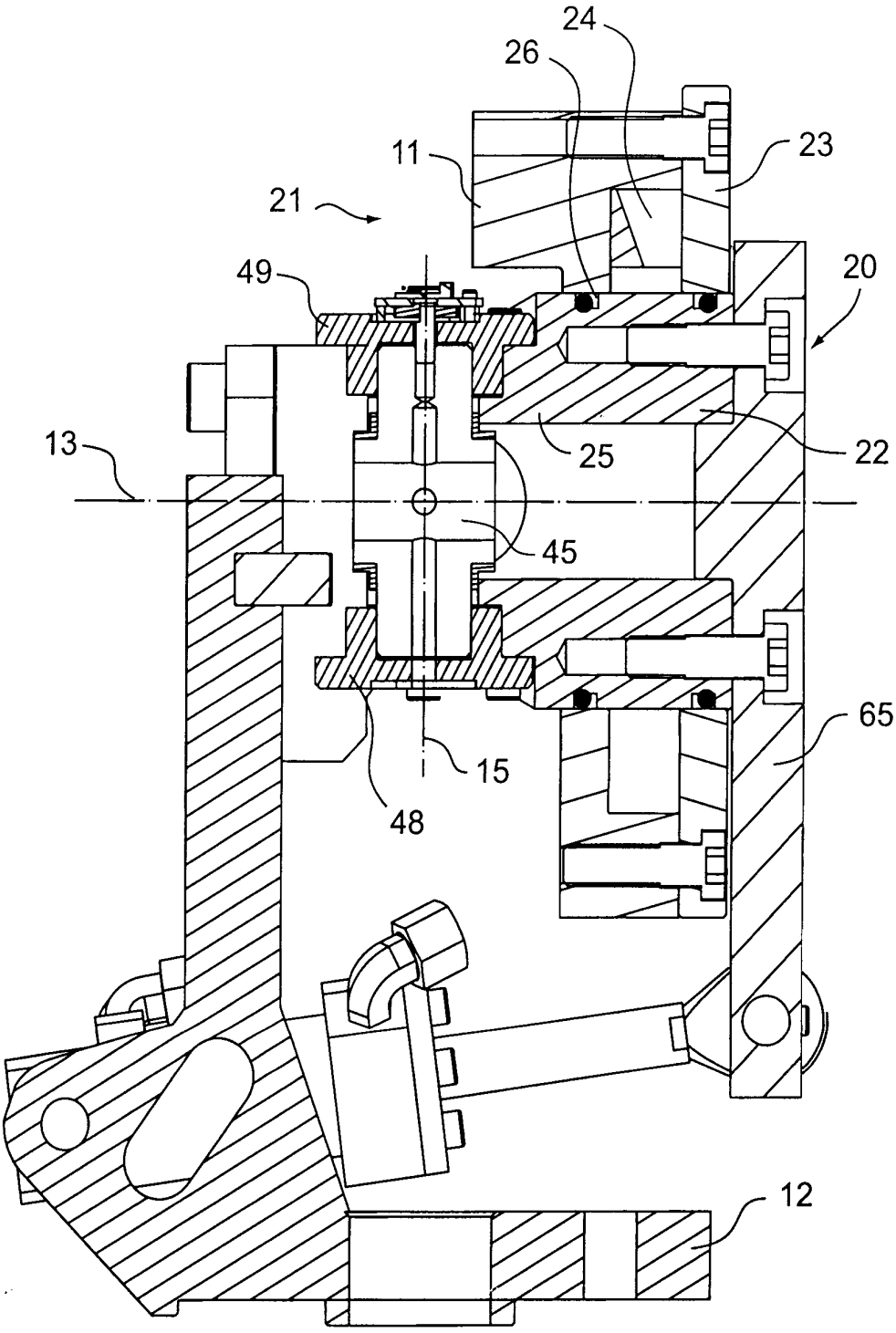


FIG.2

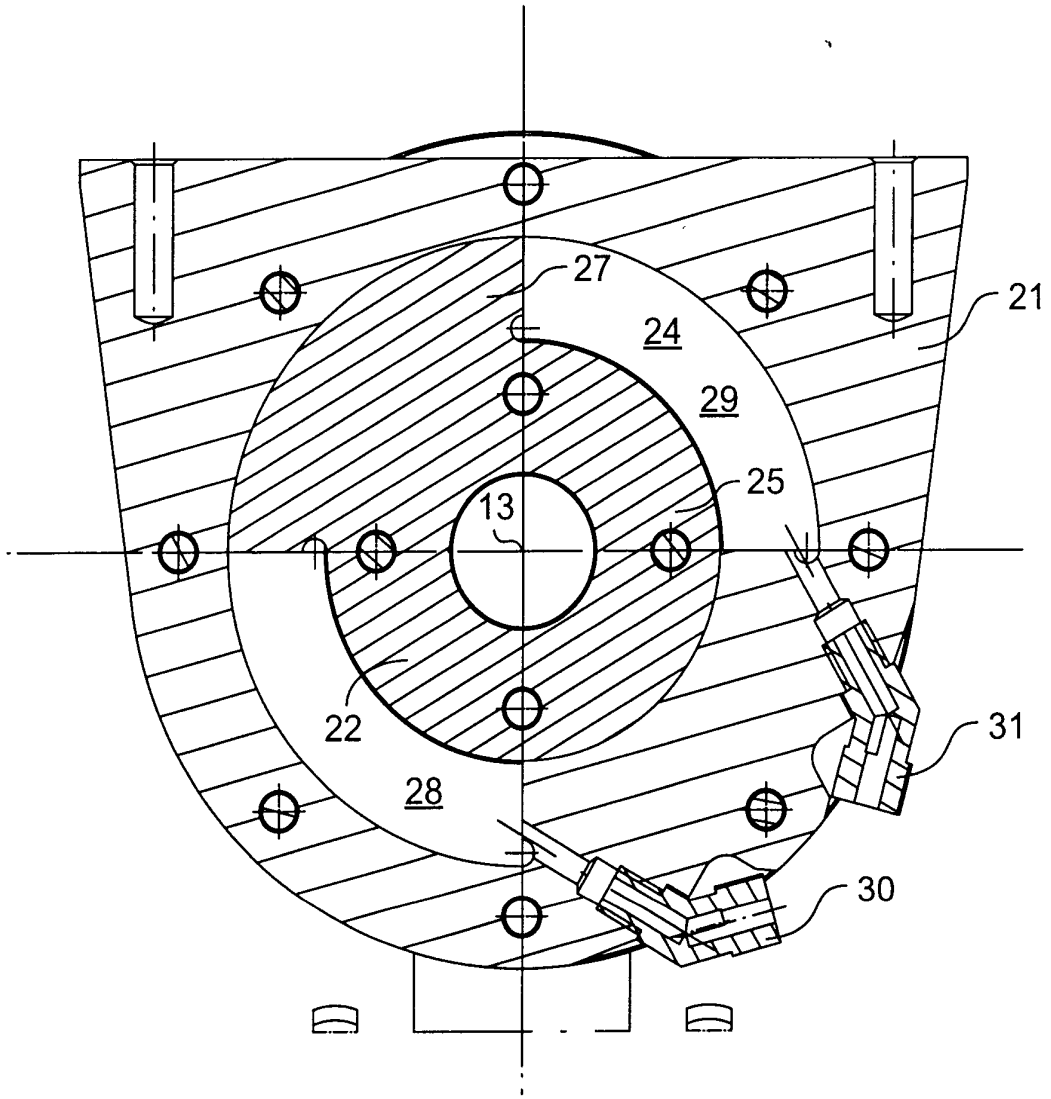


FIG.3

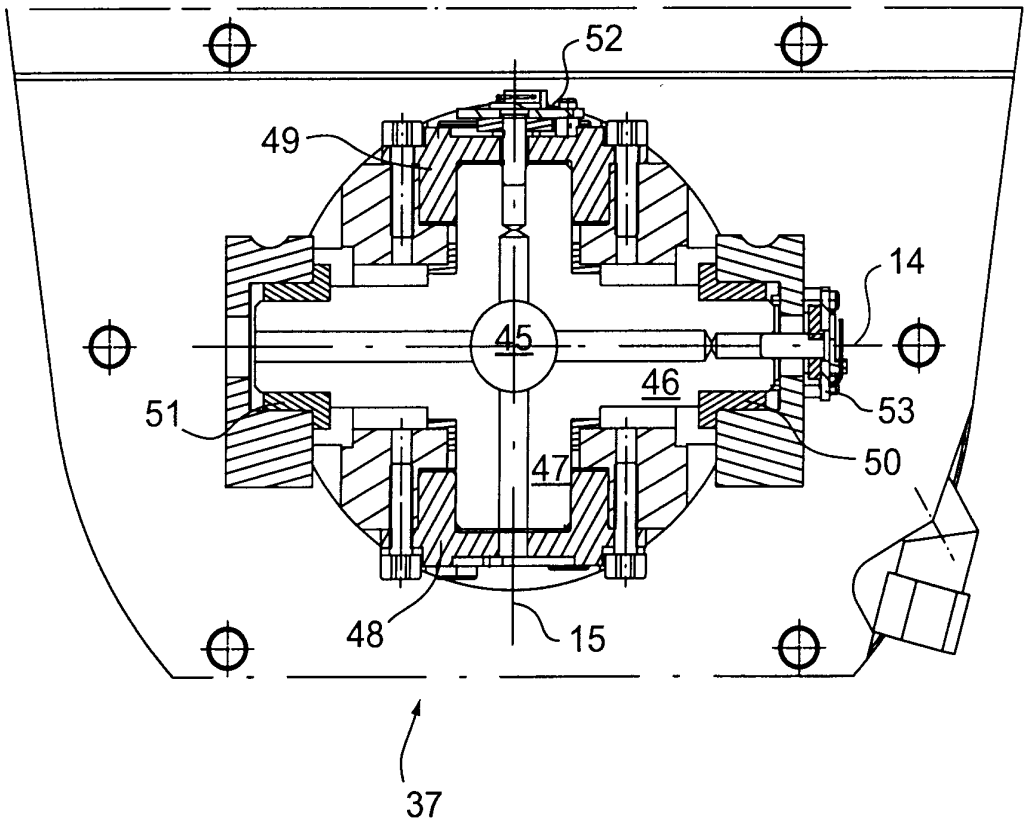


FIG.4

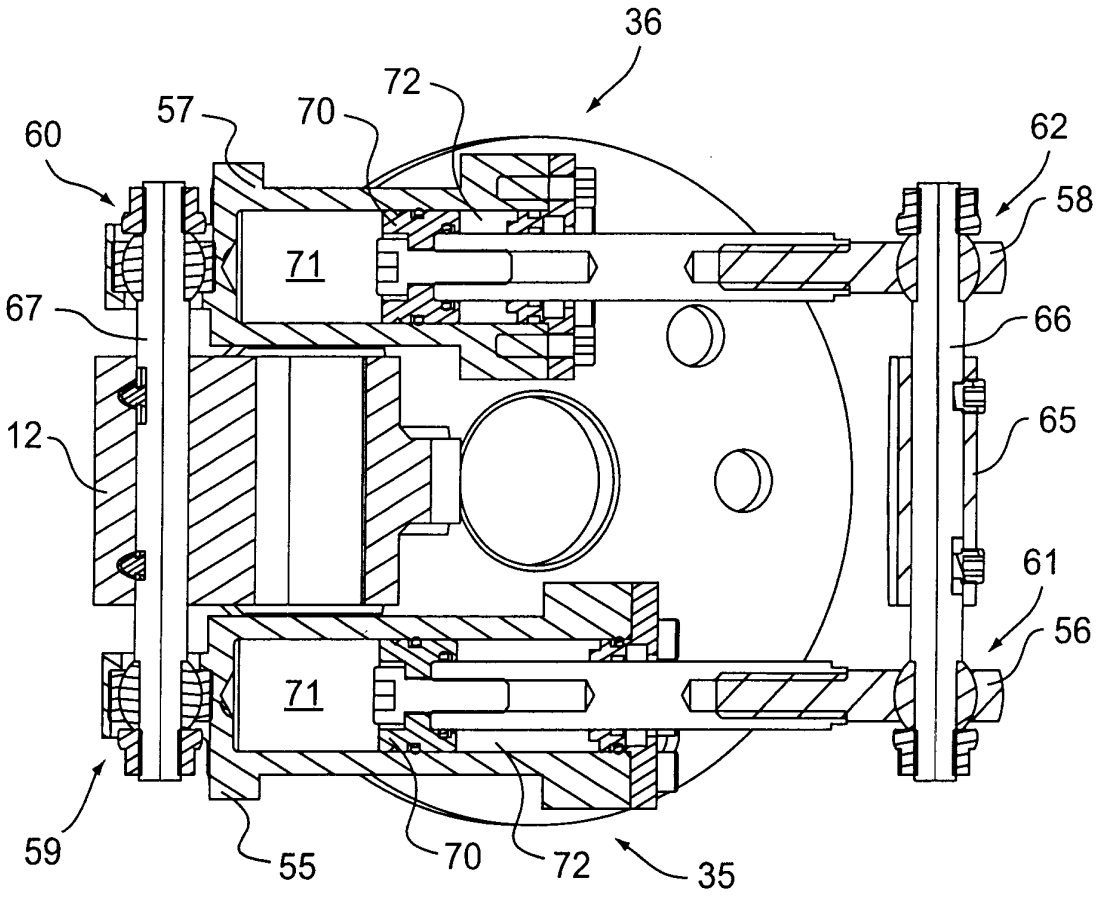


FIG.5

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 710067
FR 0853520

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		
X	EP 1 433 694 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 30 juin 2004 (2004-06-30) * abrégé; figures 2,3,6a-6c,7 * * alinéa [0032] * * alinéas [0041], [0042] * * alinéa [0057] * * alinéa [0061] - alinéa [0067] * -----	1,3,4, 8-10	B25J17/02
A	JP 2006 015472 A (SUGISAKA MASANORI) 19 janvier 2006 (2006-01-19) * abrégé; figures 3a,3b,4a,4b * -----	1-10	
A	GIACOMO SPAMPINATO ET AL: "DIEES Biped Robot: A bio-inspired Pneumatic Platform for Human Locomotion Analysis and Stiffness Control" HUMANOID ROBOTS, 2006 6TH IEEE-RAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 décembre 2006 (2006-12-01), pages 478-483, XP031053064 ISBN: 978-1-4244-0199-4 * figures 1,2 * * page 478, colonne de droite, dernier alinéa - page 479, colonne de gauche, alinéa 2 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B62D

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
9 janvier 2009	Lumineau, Stéphane

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 0853520 FA 710067

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 09-01-2009
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
EP 1433694 A	30-06-2004	CN 1509848 A	07-07-2004
		JP 2004202676 A	22-07-2004
		KR 20040055967 A	30-06-2004
		US 2004133307 A1	08-07-2004
JP 2006015472 A	19-01-2006	JP 4044079 B2	06-02-2008

EPO FORM P0465