

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/162425 A1

(43) Date de la publication internationale
13 octobre 2016 (13.10.2016)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :
A61H 1/02 (2006.01) A61H 3/00 (2006.01)

(74) Mandataire : REGIMBEAU; 20, rue de Chazelles, 75847
Paris Cedex 17 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2016/057626

(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, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
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.

(22) Date de dépôt international :
7 avril 2016 (07.04.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1552975 7 avril 2015 (07.04.2015) FR

(71) Déposant : WANDERCRAFT [FR/FR]; 86, rue de Paris,
91400 Orsay (FR).

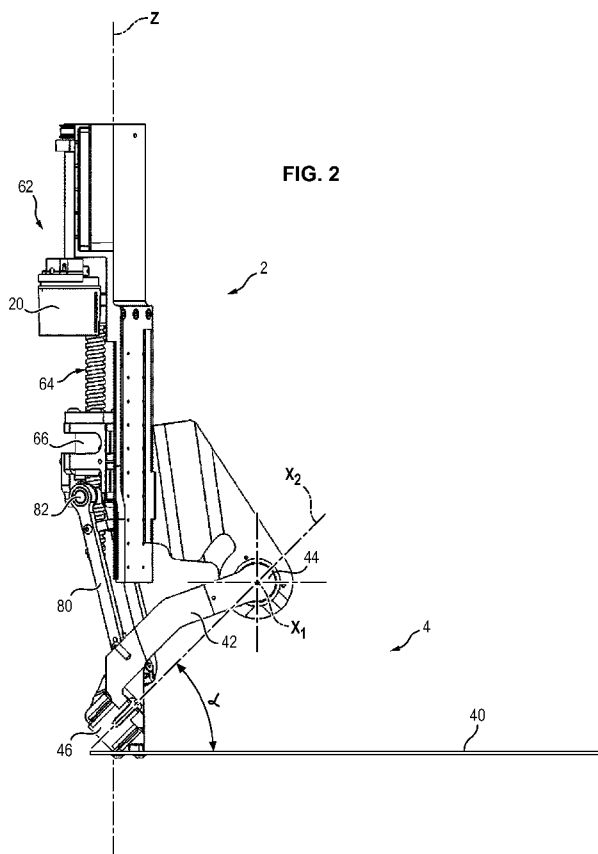
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

(72) Inventeurs : GAYRAL, Thibault; 9, rue Boulineau,
94250 Gentilly (FR). BOULANGER, Alexandre; 23 bis
Avenue du Général Leclerc, 92340 Bourg-la-Reine (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : EXOSKELETON INCLUDING A MECHANICAL ANKLE LINK HAVING TWO PIVOT AXES

(54) Titre : EXOSQUELETTE COMPRENANT UNE LIAISON MÉCANIQUE DE CHEVILLE AVEC DEUX AXES DE PIVO-
TEMENT



(57) Abstract : The invention relates to an exoskeleton including: a foot structure; a lower leg structure; a mechanical knee link having a pivot axis; and a mechanical ankle link connecting the foot structure to the lower leg structure and including a first pivot connection having a first pivot axis that is substantially parallel to the pivot axis of the mechanical knee link, and a second pivot connection having a second pivot axis that is perpendicular to the first pivot axis and forms an angle of between 30° and 60° with the support plane when the exoskeleton is upright and at rest.

(57) Abrégé : L'invention concerne un exosquelette comprenant: - une structure de pied, - une structure de jambe inférieure, - une liaison mécanique de genou présentant un axe de pivotement, et - une liaison mécanique de cheville, reliant la structure de pied à la structure de jambe inférieure et comprenant une première liaison pivot présentant un premier axe de pivotement sensiblement parallèle à l'axe de pivotement de la liaison mécanique de genou, et une deuxième liaison pivot présentant un deuxième axe de pivotement perpendiculaire au premier axe de pivotement et formant avec le plan de support un angle compris entre 30° et 60° lorsque l'exosquelette est debout et au repos.

WO 2016/162425 A1



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))

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

**Exosquelette comprenant une liaison mécanique de cheville
avec deux axes de pivotement**

DOMAINE DE L'INVENTION

- 5 L'invention concerne un système d'aide à la mobilité d'une personne, ou exosquelette, capable notamment de supporter un utilisateur touché par une déficience motrice.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

- 10 Un exosquelette comprend, de manière générale, une structure de bassin, deux structures de jambes, deux structures de pied et deux structures de hanche :
- La structure de bassin est configurée pour se positionner derrière les reins d'un utilisateur lorsqu'il porte l'exosquelette et peut être attachée au bassin à l'aide d'un harnais ou de sangles.
 - Chaque structure de jambe est configurée pour se positionner en regard de l'une des jambes (gauche ou droite, selon la structure) de l'utilisateur, et comprend un segment de jambe supérieur et un segment de jambe inférieur, agencés pour venir en regard de la cuisse et du mollet de l'utilisateur, respectivement.
 - Chaque structure de pied comprend par ailleurs un plan de support sur lequel l'un des pieds (gauche ou droit, selon la structure) de l'utilisateur peut venir en appui lorsque le pied est à plat.
 - Chaque structure de hanche est configurée pour se positionner en regard de l'une des hanches (gauche ou droite, selon la structure).
- 25 Le contrôle complet de l'exosquelette nécessite des actionneurs et des liaisons structurelles pour permettre le mouvement de l'exosquelette et autoriser ainsi un déplacement de l'utilisateur portant l'exosquelette. Les liaisons mécaniques comprennent généralement des liaisons pivot, glissière et/ou rotule, tandis que les actionneurs peuvent comprendre des vérins, des moteurs, etc.
- 30

Ces liaisons mécaniques et les actionneurs sont choisis de manière à permettre le déplacement de l'exosquelette sans risquer de blesser l'utilisateur qui le porte. A cet effet, il est notamment important de ne pas appliquer d'efforts non supportés par les membres de l'utilisateur et de
5 proposer un exosquelette présentant à la fois un faible encombrement et un poids modéré.

Le document WO 2011/002306 décrit par exemple un système de commande d'un exosquelette porté par un utilisateur et comportant des
10 actionneurs associés aux différents membres de l'exosquelette correspondant chacun à une partie du corps de l'utilisateur. L'exosquelette comprend en particulier un actionneur pied principal et un actionneur pied secondaire, configurés pour actionner la structure de pied et lui permettre de s'adapter au terrain.

15 A cet effet, l'actionneur pied principal est configuré pour actionner une rotation de la structure de pied par rapport à la structure de jambe inférieure à l'aide d'une liaison pivot autour d'un axe parallèle à un axe de pivotement du genou. L'actionneur pied secondaire quant à lui a pour objet de permettre à la structure de pied de s'adapter au terrain. Toutefois, une
20 telle structure de cheville est relativement complexe, encombrante, lourde et énergivore.

Il a également été proposé dans le document FR 14 52370 déposé le
21 mars 2014 au nom de la Demanderesse un exosquelette comprenant une structure de jambe, une structure de pied et une liaison
25 pivot cheville reliant la structure de pied à la structure de jambe, dans lequel la liaison pivot cheville présente un axe de pivotement oblique, c'est-à-dire un axe de pivotement qui n'est compris dans aucun plan de référence parmi le plan frontal, le plan sagittal et le plan horizontal de l'exosquelette. Ainsi, la liaison pivot cheville forme un angle non nul compris entre 0° et 30° avec le
30 plan de support de la structure de pied, et un angle non nul compris entre 0° à 45° par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal médian du plan de support. Une telle configuration présente l'avantage de produire des

mouvements au niveau de la cheville qui se rapprochent des mouvements naturels de l'homme avec seulement un actionneur orienté comme indiqué ci-dessus. La structure de l'exosquelette est donc simplifiée et allégée. Par ailleurs, cette configuration permet de réduire l'encombrement latéral de la

5 jambe, réduisant ainsi les risques de collision lors d'un mouvement de marche.

RESUME DE L'INVENTION

Un objectif de l'invention est donc de proposer une solution

10 permettant à la fois d'améliorer la stabilité lors d'un mouvement de marche d'un exosquelette et de reproduire correctement le mouvement de marche humaine, qui soit de faible encombrement et présente un poids modéré.

Pour cela, l'invention propose un exosquelette comprenant :

- 15
- une structure de pied, comprenant un plan de support configuré pour recevoir un pied d'un utilisateur,
 - une structure de jambe inférieure configurée pour recevoir une partie inférieure d'une jambe de l'utilisateur,
 - une liaison mécanique de genou, configurée pour relier la structure

20 de jambe inférieure à une structure de jambe supérieure configurée pour recevoir une partie supérieure d'une jambe de l'utilisateur, la liaison mécanique de genou présentant un axe de pivotement, et

 - une liaison mécanique de cheville, reliant la structure de pied à la structure de jambe inférieure, la liaison mécanique de cheville comprenant

25 une première liaison pivot présentant un premier axe de pivotement, ledit premier axe de pivotement étant sensiblement parallèle à l'axe de pivotement de la liaison mécanique de genou. Par sensiblement parallèle, on comprendra ici que le premier axe de pivotement X1 forme un angle compris entre 0° et une quinzaine de degrés avec l'axe de pivotement Y, de

30 préférence entre environ 6° et 10°, typiquement de l'ordre de 8°.

La liaison mécanique de cheville comprend en outre une deuxième liaison pivot présentant un deuxième axe de pivotement, qui s'étend dans

un plan perpendiculaire au premier axe de pivotement et forme avec le plan de support un angle compris entre 30° et 60° lorsque l'exosquelette est debout et au repos.

5 Cette configuration permet d'assurer un contact plan entre la structure de pied de l'exosquelette et le sol lors de la phase d'appui du mouvement de marche, et un mouvement de marche proche du mouvement biomécanique d'un être humain lors de la phase d'oscillation du mouvement de marche de l'exosquelette.

10 Certaines caractéristiques préférées mais non limitatives de l'exosquelette décrit ci-dessus sont les suivantes, prises individuellement ou en combinaison :

– le deuxième axe de pivotement forme un angle compris entre 40° et 50° avec le plan de support lorsque l'exosquelette est debout et au repos,
15 de préférence de l'ordre de 45° ,

– l'exosquelette comprend en outre deux actionneurs en parallèle, fixés entre la structure de pied et la structure de jambe inférieure et configurés pour contrôler une position angulaire de la structure de pied autour du premier et du deuxième axe de pivotement de la liaison mécanique de
20 cheville,

– les actionneurs en parallèle sont fixés de part et d'autre de la structure de jambe inférieure,

– les actionneurs comprennent chacun un actionneur linéaire, monté sur la structure de jambe inférieure, et une biellette, montée d'une part sur
25 l'actionneur linéaire et d'autre part sur la structure de pied à l'aide d'une liaison rotule, de sorte qu'une translation de l'actionneur linéaire entraîne une rotation de la biellette par rapport à la structure de pied,

– les actionneurs linéaires comprennent un vérin associé à un moteur, de préférence du type vis à billes ou vis-écrou,

30 – le vérin comprend une tige filetée, entraînée en rotation par le moteur, et un écrou fixe en rotation par rapport à la structure de jambe, la

biellette comprenant une extrémité montée sur l'écrou de sorte qu'une translation de l'écrou entraîne une translation de l'extrémité de la biellette,

- chaque actionneur comprend en outre au moins une glissière comportant un rail de guidage, fixé sur la structure de jambe inférieure, et
5 un chariot, mobile en translation le long du rail de guidage, l'écrou étant fixé sur le chariot de la glissière,

- le chariot comprend un premier patin et un deuxième patin, montés mobiles en translation sur le rail de guidage de la glissière et connectés solidairement par une pièce de liaison, l'écrou et la biellette étant fixés sur la
10 pièce de liaison du chariot,

- une liaison mécanique entre l'écrou et la biellette comprend une liaison pivot et une liaison mécanique entre la biellette et la structure de pied comprend une liaison rotule,

- la liaison mécanique entre l'écrou et la biellette comprend un joint de
15 Cardan, ou deux liaisons pivot d'axe sensiblement perpendiculaire,

- le vérin comprend en outre un roulement mécanique simple interposé entre une sortie du moteur et la tige filetée, ledit roulement mécanique présentant un défaut d'alignement compris entre cinq minutes d'arc et quinze minutes d'arc, typiquement d'environ dix minutes d'arc,

- la première liaison pivot est positionnée sur la structure de pied de sorte à venir en regard d'une malléole interne et d'une malléole externe d'un utilisateur portant l'exosquelette, et/ou la deuxième liaison pivot est positionnée sur la structure de pied de sorte à venir en regard d'un talon ou d'un tendon d'Achille de l'utilisateur,

- le premier axe de pivotement et l'axe de pivotement de la liaison mécanique de genou forment un angle compris entre 0° et une quinzaine de degrés, de préférence entre 6° et 10° , par exemple 8° ,

- le premier axe de pivotement s'étend dans un plan parallèle au sol lorsque l'exosquelette est debout et au repos,

- l'exosquelette comprend en outre une pièce intermédiaire qui est d'une part montée sur la structure de pied en étant libre en rotation par rapport à la structure de pied autour du deuxième axe de pivotement, et
30

d'autre part montée à pivotement autour du premier axe de pivotement sur la structure de jambe inférieure,

- la pièce intermédiaire est montée sur la structure de jambe inférieure et sur la structure de pied à l'aide de liaisons pivot passives,

5 - l'exosquelette comprend en outre un ensemble formant ressort en compression, fixé d'une part sur la pièce intermédiaire et d'autre part sur la structure de jambe inférieure,

- l'ensemble formant ressort comprend un premier organe élastiquement déformable, le premier organe étant connecté d'une part à la
10 pièce intermédiaire, entre la première et la deuxième liaison pivot, à l'aide d'un élément de fixation, et d'autre part à la structure de jambe inférieure, ledit premier organe étant configuré pour appliquer un effort de traction sur la pièce intermédiaire,

- l'élément de fixation est flexible,

15 - l'ensemble formant ressort comprend en outre un corps creux de forme sensiblement allongée présentant une première extrémité et une deuxième extrémité opposée à la première extrémité, ledit corps creux étant monté dans un logement formé dans la structure de jambe inférieure, la première extrémité du corps creux étant en regard d'un fond du logement,
20 et le premier organe étant monté dans le logement et comprimé entre le fond dudit logement et la deuxième extrémité du corps creux,

- l'exosquelette comprend en outre un deuxième organe élastiquement déformable, logé dans le corps creux, le deuxième organe étant fixé à proximité de la première extrémité du corps creux, l'élément de fixation
25 coopérant avec le deuxième organe de sorte que le deuxième organe est configuré pour tendre l'élément de fixation, et l'élément de fixation étant logé dans le corps creux et faisant saillie de la première extrémité dudit corps creux et du fond du logement,

- le premier organe et/ou le deuxième organe comprend un ressort en
30 compression,

- le premier organe et le deuxième organe comprennent un ressort en compression, le deuxième organe présentant une raideur inférieure à la raideur du premier organe,
 - l'élément de fixation présente une surépaisseur, logée dans le corps creux, et le deuxième organe comprend une pièce de blocage configurée pour former une butée pour la surépaisseur,
 - l'élément de fixation comprend en outre une butée d'arrêt, fixée sur l'élément de fixation, et le corps creux comprend en outre une protubérance, fixée sur une paroi interne du corps creux et configurée pour coopérer avec la butée d'arrêt et former un obstacle pour la butée d'arrêt de l'élément de fixation,
 - le corps creux comprend en outre un boulon, fixé à proximité de sa deuxième extrémité, le premier organe étant en butée contre ledit boulon.
- 15 Un deuxième objectif de l'invention est de proposer un ensemble formant ressort capable de soulager les actionneurs de l'exosquelette pendant certaines phases seulement de la marche, par exemple pendant la phase de propulsion à la fin de la phase d'appui.
- Pour cela, l'invention propose un ensemble formant ressort en compression, fixé d'une part sur une première pièce et d'autre part sur une deuxième pièce, mobile par rapport à la première pièce, comprenant :
- un premier organe élastiquement déformable, le premier organe étant connecté d'une part à la première pièce à l'aide d'un élément de fixation, et d'autre part à la deuxième pièce, ledit premier organe étant configuré pour appliquer un effort de traction sur la première pièce, et
 - un corps creux de forme sensiblement allongée présentant une première extrémité et une deuxième extrémité opposée à la première extrémité, ledit corps creux étant monté dans un logement fixé solidairement à la deuxième pièce, la première extrémité du corps creux étant en regard d'un fond du logement, et le premier organe étant monté dans le logement et comprimé entre le fond dudit logement et la deuxième extrémité du corps creux.

Certaines caractéristiques préférées mais non limitatives de l'ensemble décrit ci-dessus sont les suivantes, prises individuellement ou en combinaison :

- l'élément de fixation est flexible,
- 5 - l'élément de fixation est un câble,
- l'ensemble formant ressort comprend en outre un deuxième organe élastiquement déformable, logé dans le corps creux, le deuxième organe étant fixé à proximité de la première extrémité du corps creux, l'élément de fixation coopérant avec le deuxième organe de sorte que le deuxième
- 10 organe est configuré pour tendre l'élément de fixation, et l'élément de fixation étant logé dans le corps creux et faisant saillie de la première extrémité dudit corps creux et du fond du logement,
- le logement est formé dans la deuxième pièce,
- le premier organe et/ou le deuxième organe comprend un ressort en
- 15 compression,
- le premier organe et le deuxième organe comprennent un ressort en compression, le deuxième organe présentant une raideur inférieure à la raideur du premier organe,
- l'élément de fixation présente une surépaisseur, logée dans le corps
- 20 creux, et le deuxième organe comprend une pièce de blocage configurée pour former une butée pour la surépaisseur,
- l'élément de fixation comprend en outre une butée d'arrêt, fixée sur l'élément de fixation, et le corps creux comprend en outre une protubérance, fixée sur une paroi interne du corps creux et configurée pour
- 25 coopérer avec la butée d'arrêt et former un obstacle pour la butée d'arrêt de l'élément de fixation,
- le corps creux comprend en outre un boulon, fixé à proximité de sa deuxième extrémité, le premier organe étant en butée contre ledit boulon.

30 BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui va suivre, et au

regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

La figure 1a est une vue en perspective d'un exemple de réalisation d'un exosquelette conforme à l'invention,

5 La figure 1b est une vue en détail d'une structure de pied et d'une structure de jambe inférieure de l'exosquelette de la figure 1a,

La figure 2 est une vue de côté et en coupe d'un premier exemple de réalisation d'une structure de pied et d'une structure de jambe inférieure conforme à l'invention,

10 La figure 3a est une vue de trois quart arrière des structures de la figure 2, la structure de pied étant tendue,

La figure 3b est une vue de trois quart arrière des structures de la figure 2, la structure de pied étant fléchie,

La figure 4 est un schéma cinématique des structures de la figure 2,

15 La figure 5 est une vue de trois quarts arrière simplifiée d'un deuxième exemple de réalisation d'une structure de pied et d'une structure de jambe inférieure conforme à l'invention, sur laquelle un seul actionneur a été représenté,

La figure 6a est une vue en perspective d'un premier mode de réalisation d'un actionneur pouvant être utilisé pour les structures de la figure 2,

La figure 6b est une vue en coupe d'une partie de la figure 6a,

La figure 7 est une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'un actionneur pouvant être utilisé pour les structures de la figure 2,

25 La figure 8a est une vue en coupe d'un troisième mode de réalisation d'un actionneur pouvant être utilisé pour les structures de la figure 2,

La figure 8b est une vue en perspective de l'actionneur de la figure 8a,

30 La figure 9 est un détail de la figure 1b, sur lequel est représenté un exemple de réalisation d'un ensemble formant ressort, et

La figure 10 est une vue en coupe de l'ensemble formant ressort de la figure 9.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

5 Un exosquelette 1 conforme à l'invention comprend :

- une structure de pied 4, comprenant un plan de support 40 configuré pour recevoir un pied d'un utilisateur,
- une structure de jambe inférieure 2 et une structure de jambe supérieure 6, configurées pour recevoir respectivement une partie inférieure et une partie supérieure d'une jambe de l'utilisateur,
- 10 - une liaison mécanique de genou 3, reliant la structure de jambe inférieure 2 à la structure de jambe supérieure, et
- une liaison mécanique de cheville 5, reliant la structure de pied 4 à la structure de jambe inférieure 2.

15

De manière optionnelle, l'exosquelette 1 peut également comprendre :

- une structure de bassin 7, configurée pour se positionner derrière les reins de l'utilisateur lorsqu'il porte l'exosquelette 1, et qui peut être attachée
- 20 au bassin de l'utilisateur à l'aide d'un harnais ou de sangles, et
- une structure de hanche 8 configurée pour se positionner en regard de l'une des hanches de l'utilisateur, par exemple derrière ou sur le côté. Ici, la structure de hanche 8 s'étend latéralement par rapport à la hanche associée de l'utilisateur.

25

De préférence, l'exosquelette 1 est symétrique par rapport à un plan médian M de l'exosquelette 1 et comprend une structure de pied 4 droit et une structure de pied 4 gauche, une structure de jambe droite et une structure de jambe gauche, une liaison mécanique de genou 3 droit et une

30 liaison mécanique de genou 3 gauche, une structure de hanche droite et une structure de hanche gauche, etc.

Par plan médian M de l'exosquelette 1, on comprendra ici le plan fictif séparant la moitié gauche de la moitié droite de l'exosquelette 1. Ce plan M est également connu sous le nom de coupe sagittale médiane.

L'exosquelette 1 comprend également un plan frontal F, qui est un
5 plan fictif perpendiculaire au plan médian M et qui sépare l'exosquelette 1 en une partie antérieure et une partie postérieure.

Dans ce qui suit, seule l'une des moitiés de l'exosquelette 1 sera décrite, afin de faciliter la lecture de la description. On comprendra bien
10 entendu que cette description s'applique mutatis mutandis à la moitié gauche de l'exosquelette 1, celle-ci étant symétrique à sa moitié droite par rapport au plan médian M de l'exosquelette 1.

De manière conventionnelle, la liaison mécanique de genou 3 peut
15 présenter un axe de pivotement Y, afin de permettre à un utilisateur portant l'exosquelette 1 de plier le genou, notamment lors d'un mouvement de marche. A cet effet, la liaison mécanique de genou 3 peut par exemple comprendre une liaison pivot dont l'axe correspond à l'axe de pivotement Y du genou. Dans un mode de réalisation, la liaison mécanique du genou ne
20 comprend qu'un seul degré de liberté, à savoir la rotation autour de l'axe de pivotement Y.

L'axe de pivotement Y du genou s'étend globalement perpendiculairement à la direction de marche de l'exosquelette 1, dans un plan sensiblement horizontal.

25

La liaison mécanique de cheville 5 quant à elle comprend une première liaison pivot 50 présentant un premier axe de pivotement X1 et une deuxième liaison pivot 52 présentant un deuxième axe de pivotement X2. Dans un mode de réalisation, la liaison mécanique de cheville 5 ne
30 comprend que ces deux degrés de liberté. La Demanderesse s'est en effet aperçue qu'une liaison mécanique de cheville à trois degrés de liberté entraînait une augmentation significative du poids et de l'encombrement de

la liaison mécanique, et que deux degrés de liberté étaient suffisants pour reproduire la marche humaine et s'adapter au terrain.

Le premier axe de pivotement X1 est sensiblement parallèle à l'axe de pivotement Y de la liaison mécanique de genou 3, afin de permettre à l'utilisateur de plier et de tendre son pied dans la structure de pied 4. Ce mouvement correspond par exemple au mouvement réalisé par le pied lors d'un mouvement de marche dans une direction sensiblement perpendiculaire au plan frontal F de l'exosquelette 1.

Par sensiblement parallèle, on comprendra ici que le premier axe de pivotement X1 forme un angle compris entre 0° et une quinzaine de degrés avec l'axe de pivotement Y. Plus précisément, l'ensemble de la structure jambe inférieure 2 présente un plan vertical P1 séparant une structure jambe inférieure en deux parties égales interne et externe ; ce plan P1 forme un angle compris entre zéro degrés et une quinzaine de degrés avec le plan médian M de l'exosquelette 1 et donc avec la direction de la marche, de telle sorte que les structures de pied 4 de l'exosquelette 1 divergent légèrement lorsque l'exosquelette 1 est debout et au repos. Le premier axe de pivotement X1 est alors perpendiculaire à ce plan P1. Par exemple, le premier axe de pivotement X1 peut former un angle compris entre 6° et 10° , typiquement 8° , avec l'axe de pivotement Y.

En d'autres termes, si on considère que la structure de jambe inférieure 2 s'étend suivant une direction principale définissant un axe longitudinal Z, le premier axe de pivotement X1 est compris dans un plan sensiblement perpendiculaire à cet axe longitudinal et s'étend sensiblement perpendiculairement à la direction de marche de l'exosquelette 1 et perpendiculairement au plan P1.

En pratique, on notera que l'axe longitudinal Z de la structure de jambe inférieure 2 présente un angle compris entre 90° et 95° avec le plan de support 40 de la structure de pied 4, et donc le sol, lorsque l'exosquelette 1 est debout et en position de repos. Le premier axe de pivotement X1 est donc compris dans un plan sensiblement parallèle au sol, lorsque l'exosquelette 1 est debout et au repos.

Le premier axe de pivotement X1 s'étend de préférence au niveau de la malléole interne et de la malléole externe du pied de l'utilisateur qui porte l'exosquelette 1.

5 Le deuxième axe de pivotement X2 s'étend quant à lui dans un plan perpendiculaire au premier axe de pivotement X1 et forme avec le plan de support 40 un angle α compris entre 30° et 60° lorsque l'exosquelette 1 est debout et au repos. Ce deuxième axe de pivotement X2 correspond sensiblement à l'axe de Henke de la cheville d'un être humain et permet à
10 la structure de pied 4 de l'exosquelette 1 d'effectuer des mouvements d'inversion et d'éversion. Plus précisément, lorsque le plan P1 et le plan médian ne sont pas confondus, le deuxième axe de pivotement X2 correspond à la projection de l'axe de Henke dans le plan P1.

De préférence, le deuxième axe de pivotement X2 forme un angle α
15 compris entre 40° et 50° avec le plan de support 40 lorsque l'exosquelette 1 est debout et au repos, de préférence de l'ordre de 45°. Ces valeurs angulaires permettent en effet d'améliorer l'ergonomie de l'exosquelette 1, en se rapprochant davantage de l'angle réel de la projection de l'axe de Henke de l'utilisateur portant l'exosquelette 1 dans le plan P1.
20 L'exosquelette 1 est donc plus stable, et les risques de blessure de l'utilisateur, qui peut être touché par une déficience motrice et ne peut donc pas maîtriser les mouvements d'une partie de son corps dans l'exosquelette 1, sont réduits.

25 Afin de commander les mouvements de la structure de pied 4 par rapport à la structure de jambe inférieure 2, l'exosquelette 1 peut notamment comprendre deux actionneurs 60 en parallèles, fixés entre la structure de pied 4 et la structure de jambe inférieure 2 et configurés pour contrôler la position angulaire de la structure de pied 4 autour du premier et
30 du deuxième axe de pivotement X2 de la liaison mécanique de cheville 5. Les actionneurs 60 en parallèle peuvent notamment s'étendre de part et d'autre de la structure de jambe inférieure 2 et de la structure de pied 4.

Ici, les actionneurs 60 parallèles s'étendent en regard d'une partie interne et d'une partie externe du mollet de l'utilisateur qui porte l'exosquelette 1.

La mise en œuvre de deux actionneurs 60 en parallèle présente l'avantage de permettre la cumulation de la puissance de plusieurs moteurs sur un seul mouvement d'actionnement. Une telle puissance peut être avantageuse lorsqu'un couple important est nécessaire dans un faible intervalle de temps, par exemple pour prévenir une chute de l'exosquelette 1 et de son utilisateur. Par ailleurs, les actionneurs 60 sont fixes par rapport à la structure de jambe inférieure 2, ce qui permet de réduire la masse en mouvement par rapport à la structure de jambe inférieure et donc son inertie.

Dans une première forme de réalisation schématisée en figure 5, les actionneurs 60 parallèles peuvent notamment comprendre deux engrenages 60, de préférence à axes parallèles. Dans cette forme de réalisation, chacun des engrenages 60 peut notamment comprendre :

- un organe d'engrènement d'attaque 60a, monté sur la structure de jambe inférieure 2 et coaxial avec le premier axe de pivotement X1. L'organe d'engrènement d'attaque 60a peut être du type pignon conique ou roue dentée, à denture droite, hélicoïdale ou à chevrons.
- un organe d'engrènement de sortie 60b, monté sur la structure de pied 4 et présentant un axe de rotation parallèle au premier axe de pivotement X1 et un axe de rotation par rapport au deuxième axe de pivotement X2. L'organe d'engrènement de sortie 60b peut également être du type pignon conique ou roue dentée, à denture droite, hélicoïdale ou à chevrons.

Afin de réduire l'encombrement des actionneurs 60, l'organe d'engrènement d'attaque 60a comprend de préférence une roue dentée, tandis que l'organe d'engrènement de sortie 60b peut comprendre un secteur de couronne denté.

Les engrenages 60 sont de préférence disposés en regard de la malléole interne et de la malléole externe du pied de l'utilisateur qui porte l'exosquelette 1.

Chaque engrenage 60 est par ailleurs entraîné en rotation par un
5 moteur 60c dédié. Typiquement, les moteurs 60c sont fixés sur la structure de jambe inférieure 2 et peuvent être positionnés en regard du mollet de l'utilisateur, lorsque celui-ci porte l'exosquelette 1.

Afin de limiter l'encombrement latéral des actionneurs 60, les moteurs sont de préférence déportés par rapport aux engrenages 60 et
10 entraînent leur organe d'engrènement d'attaque 60a associé à l'aide d'un système d'entraînement du type poulie-courroie.

Des mécanismes de réduction peuvent en outre être prévus entre chaque moteur 60c et l'organe d'engrènement d'attaque 60a associé. De préférence, les mécanismes de réduction sont placés entre les moteurs 60s
15 et les mécanismes de transmission, pour réduire l'encombrement de chaque actionneur 60.

Dans une deuxième forme de réalisation, les actionneurs 60 parallèles peuvent chacun comprendre un actionneur linéaire 62 et une
20 bielle 80. A cet effet, l'actionneur linéaire 62 peut notamment être monté fixe sur la structure de jambe inférieure 2, tandis que la bielle 80 peut être montée d'une part sur l'actionneur linéaire 62 à l'aide d'une liaison mécanique 82 et d'autre part sur la structure de pied 4 à l'aide d'une liaison rotule 84, de sorte qu'une translation de l'actionneur linéaire 62 entraîne une
25 rotation de la bielle 80 par rapport à la structure de pied 4.

Cette forme de réalisation présente l'avantage d'être structurellement simple, de poids limité et de faible encombrement. La transmission du mouvement des actionneurs 60 est en outre réalisée directement grâce aux biellettes 80 qui sont capables de supporter les efforts appliqués par le
30 moteur et la réaction de la structure de pied 4 sans nécessiter pour autant un encombrement important.

Chaque actionneur linéaire 62 peut comprendre un vérin 62, actionné par un moteur 63 associé.

Le vérin 62 peut notamment être du type vis-écrou 66 ou vis à billes et comprendre à cet effet une tige filetée 64 entraînée en rotation par le
5 moteur 63 et un écrou 66 fixe en rotation par rapport à la structure de jambe inférieure 2. Une vis à billes présente par ailleurs l'avantage d'être réversible et d'avoir un bon rendement.

Dans ce cas, chacun des vérins 62 peut être associé à un codeur 20, fixé de préférence en parallèle des moteurs 63 afin de réduire leur
10 encombrement. La transmission de la rotation de l'arbre du moteur 63 au codeur 20 associé peut alors être effectuée à l'aide d'un système du type poulie-courroie afin de préserver le rendement du moteur 63 tout en minimisant le jeu et le bruit dans le mécanisme et supporter des vitesses de rotation importantes.

15 La bielle 80 peut alors être montée sur l'écrou 66 de sorte qu'une translation de l'écrou 66 entraîne une translation de l'extrémité de la bielle 80 qui est fixée sur l'écrou 66 à l'aide de la liaison mécanique 82.

Afin d'éviter l'application d'efforts transverses sur la tige filetée 64 du
20 vérin 62 qui risqueraient de le bloquer, voire de l'abîmer, l'écrou 66 peut être monté sur une glissière 68 qui est fixée sur la structure de jambe inférieure 2.

La glissière 68 peut notamment comprendre un rail de guidage 69 fixé sur la structure de jambe inférieure 2 et un chariot 70 mobile en
25 translation le long du rail de guidage 69. L'écrou 66 est alors fixé sur le chariot 70, de sorte que la rotation de la tige filetée 64 par rapport à l'écrou 66 entraîne la translation de l'écrou 66 et du chariot 70 le long du rail de guidage 69 de la glissière 68. On notera que l'écrou 66 et le chariot 70 peuvent réaliser des mouvements différents, notamment dans le cas où
30 l'écrou 66 n'est pas encastré sur le chariot 70. C'est notamment le cas de l'exemple de réalisation illustré en figure 6b.

Afin de compenser les erreurs de positionnement éventuelles entre le moteur 63 et la tige filetée 64, entre la tige filetée 64 et l'écrou 66 et/ou entre l'écrou 66 et la glissière 68 qui seraient susceptibles d'endommager le vérin 62, les actionneurs 60 comprennent en outre des moyens adaptés
5 pour compenser ces erreurs potentielles.

A cet effet, selon un premier mode de réalisation illustré en figures 6a et 6b, l'actionneur 60 peut comprendre un roulement rigide 72 fixé entre l'arbre de sortie 63a du moteur 63 et la tige filetée 64, en combinaison avec
10 des moyens d'accouplement flexibles 73 de la tige filetée 64 avec l'arbre de sortie 63a du moteur 63. Un tel roulement rigide 72 présente l'avantage de reprendre des efforts qui ne seraient pas supportés par le seul roulement du moteur 63 et d'assurer le guidage en rotation de la tige filetée 64.

Dans ce mode de réalisation, l'écrou 66 peut alors être fixé sur le
15 chariot 70 par l'intermédiaire d'une liaison mécanique 74 susceptible de bloquer la rotation et la translation de l'écrou 66 selon l'axe principal de la tige filetée 64 par rapport au chariot 70.

Par exemple, le chariot 70 peut comprendre des parois définissant une chambre 74a configurée pour recevoir l'écrou 66 et être traversée par
20 la tige filetée 64. Un premier orifice 74b, configuré pour recevoir un pion anti-rotation 74c faisant saillie de l'écrou 66, peut être formé dans l'une des parois de la chambre 74a. De préférence, deux orifices 74b, associés à deux pions anti-rotation 74c de l'écrou 66, sont formés dans des parois en regard de la chambre 74a afin d'améliorer le blocage en rotation de l'écrou
25 66. Dans une forme de réalisation, les deux orifices 74b et les deux pions anti-rotation 74c sont répartis symétriquement par rapport à l'axe de la tige filetée 64 de manière à ne pas générer d'effort parasite sur cette tige filetée 64.

Le cas échéant, ces deux orifices 74b peuvent également participer à
30 la transmission du mouvement de translation de l'écrou 66 au chariot 70. En variante, deux logements 74d, configurés pour recevoir chacun un galet 74e faisant saillie de l'écrou 66 afin d'entraîner le chariot 70 en translation par

rapport au rail de guidage 69, peuvent être formés dans les parois de la chambre 74a. Dans cette variante de réalisation, les orifices 74b recevant les pions anti-rotation 74c peuvent alors être de forme oblongue, le grand axe des orifices 74b étant aligné avec l'axe de la tige filetée 64, afin de
5 former un jeu avec les parois de la chambre 74a et compenser les défauts d'alignement susceptibles de bloquer la translation de l'écrou 66 par rapport à la tige filetée 64. Dans une forme de réalisation, les deux logements 74d et les deux galets 74e sont répartis symétriquement par rapport à l'axe de la tige filetée 64 de manière à ne pas générer d'effort parasite sur cette tige
10 filetée 64.

Les figures 6a et 6b illustrent un exemple de réalisation d'une telle liaison mécanique. Dans cet exemple de réalisation, la chambre 74a est de forme sensiblement rectangulaire et comprend une paroi inférieure, en regard du rail de guidage 69, une paroi supérieure, opposée à la paroi
15 inférieure, et deux parois latérales, qui relient la paroi inférieure et la paroi supérieure. Deux orifices 74b, qui ont ici la forme d'une fente oblongue, sont formés respectivement dans la paroi inférieure et la paroi supérieure de la chambre 74a du chariot 70. Des logements 74d, également de forme oblongue, sont par ailleurs formés dans les parois latérales de la chambre
20 74a.

La liaison mécanique 74 comprend en outre une bague 66a, rapportée et fixée solidairement sur l'écrou 66, par exemple par encastrement, et un chariot auxiliaire 66b, monté à pivotement sur la bague 66a. Le chariot auxiliaire 66b, la bague 66a et l'écrou 66 sont logés dans la
25 chambre 74a du chariot 70.

Le chariot auxiliaire 66b comprend deux pions anti-rotation 74c opposés faisant saillie et configurés pour venir se loger dans les orifices 74b formés dans les parois supérieure et inférieure de la chambre 74a du chariot 70 afin de bloquer en rotation le chariot auxiliaire 66b par rapport au
30 chariot 70, lors de la rotation de la tige filetée 64. L'axe de pivotement du chariot auxiliaire 66b par rapport à la bague 66a est sensiblement parallèle à l'axe reliant des pions anti-rotation 74c.

La bague 66a est par ailleurs équipée de galets 74e configurés pour pénétrer dans les logements 74d du chariot 70 et entraîner le chariot 70 de la glissière 68 en translation.

5 Selon un deuxième mode de réalisation illustré en figure 7, l'actionneur 60 comprend une liaison rotule 75, interposée entre l'arbre de sortie 63a du moteur 63 et la tige filetée 64, associée à une liaison mécanique 76 susceptible de bloquer la rotation de l'écrou 66 par rapport à la tige filetée 64 et d'autoriser la translation de l'écrou 66 par rapport à la
10 structure de jambe inférieure 2, et donc au rail de guidage 69.

La liaison mécanique 76 peut notamment comprendre un joint de Cardan.

La liaison rotule 75 peut comprendre un roulement à rotule sur billes ou sur rouleaux, par exemple un roulement à rotule du type 2600-2RS. Un
15 roulement à rotule 75 permet en effet un mouvement relatif des bagues logeant les éléments roulants, et autorisent ainsi le guidage isostatique de la tige filetée 64 malgré la présence de défauts d'alignement entre la tige filetée 64 et le rail de guidage 69.

Des moyens d'accouplement flexibles 73 de la tige filetée 64 avec
20 l'arbre de sortie 63a du moteur 63 peuvent également être prévus pour compenser les éventuels défauts d'alignement de la tige filetée 64 et de l'arbre de sortie 63a du moteur 63.

Le vérin 62 est de préférence du type vis à billes comprenant des roulements à billes plutôt que des coussinets, afin de réduire les efforts liés
25 à la mise en glissement.

Ce deuxième mode de réalisation présente l'avantage d'être moins encombrant et moins complexe que le premier mode de réalisation et de réduire les efforts parasites pouvant être appliqués à l'écrou 66 en raison des frottements au niveau du contact linéique entre les galets 74e et le
30 chariot 70 du premier mode de réalisation.

Selon un troisième mode de réalisation illustré en figures 8a et 8b, l'actionneur 60 comprend un roulement mécanique simple 76 interposé entre l'arbre de sortie 63a du moteur 63 et la tige filetée 64, tandis que l'écrou 66 est encastré sur le chariot 70 de la glissière 68, par exemple par
5 vissage ou soudage.

Par roulement mécanique simple 76, on comprendra une liaison mécanique du type pivot comprenant deux bagues coaxiales entre lesquelles sont placées des éléments roulants tels que des billes, des rouleaux, des coussinets, etc. et qui sont maintenus espacés les uns des
10 autres par une cage. Un roulement mécanique 76 pouvant être mis en œuvre dans un actionneur 60 conforme à ce mode de réalisation comprend par exemple un roulement du type 629-ZZ.

Le roulement mécanique 76 présente de préférence un défaut d'alignement compris entre cinq minutes d'arc et quinze minutes d'arc, typiquement d'une dizaine de minutes d'arc, afin de compenser les défauts
15 d'alignement entre la tige filetée 64 et le logement du roulement 76, par exemple dans la pièce 65. La Demanderesse s'est en effet aperçue qu'un tel roulement mécanique 76, qui est moins complexe, moins encombrant et moins cher qu'un roulement à rotule 75, suffisait en effet pour éviter tout
20 endommagement de l'actionneur 60 dû aux défauts de fabrication des pièces et en particulier au défaut d'alignement entre la tige filetée 64 et l'arbre de sortie 63a du moteur 63. En effet, un défaut d'alignement de quelques minutes d'arc est possible entre la tige filetée 64 et l'arbre de
25 sortie 63a du moteur 63 en laissant un jeu volontaire entre l'arbre de sortie 63a et l'alésage de la tige filetée 64 dans lequel l'arbre de sortie est inséré. La transmission de la rotation entre l'arbre 63a et la tige filetée 64 peut alors être réalisée par obstacle permettant le défaut d'alignement, par exemple à l'aide d'une clavette dans une rainure. Ce roulement mécanique 76 permet
30 de s'affranchir de l'utilisation de moyens d'accouplement flexibles entre l'arbre de sortie 63a et la tige filetée 64, grâce notamment au léger défaut de coaxialité dès lors admissible entre l'axe de l'arbre de sortie 63a et l'axe de la tige filetée 64. Enfin, contrairement au deuxième mode de réalisation,

qui nécessite de placer le roulement à rotule 75 à distance des moyens d'accouplement flexibles 73 et qui est donc plus encombrant suivant l'axe de la tige filetée 64, le roulement mécanique 76 peut être placé directement au niveau de l'arbre de sortie 63a du moteur 63.

5 Par exemple, le roulement mécanique 76 peut comprendre un roulement à billes présentant un défaut d'alignement d'environ dix minutes d'arc, tel que le roulement à billes 629-ZZ.

En comparaison avec le deuxième mode de réalisation, l'encastrement de l'écrou 66 sur le chariot 70 de la glissière 68 présente
10 l'avantage de limiter fortement l'encombrement radial de l'actionneur 60 au niveau de l'écrou 66, et de simplifier structurellement l'actionneur 60 en limitant le nombre de pièces nécessaires. La fixation de l'écrou 66 sur la glissière 68 à l'aide d'un joint de Cardan crée en outre une distance importante entre l'écrou 66 et la glissière 68 susceptible de générer un bras
15 de levier important : le remplacement de ce joint de Cardan 76 par une liaison encastrement permet ainsi de réduire les efforts appliqués par la tige filetée 64 sur la glissière 68.

Le remplacement du joint de Cardan 76 par une liaison encastrement est rendu possible grâce aux défauts d'alignement tolérés par le roulement
20 76 et par une maîtrise possible des défauts de fabrication des pièces mécaniques.

Afin de réduire les efforts parasites, et en particulier les efforts transverses susceptibles d'être transmis par l'écrou 66 et la glissière 68 à la tige filetée 64, et de limiter les risques de blocage de l'actionneur 60, le
25 chariot 70 peut comprendre au moins deux patins 70a, 70b, montés mobiles en translation sur le rail de guidage 69 de la glissière 68, sur lesquels est fixée solidairement une pièce de liaison 70c. Par exemple, le chariot 70 peut comprendre deux paires de patins 70a, 70b et la glissière peut comprendre deux rails de guidage 69, chaque paire de patins 70a, 70b étant montée sur
30 un rail de guidage 69 associé de la glissière 68.

L'écrou 66 peut alors être encastré sur la pièce de liaison 70c, au niveau du premier patin 70a, tandis que la biellette 80 peut être montée sur

la pièce de liaison 70c au niveau du deuxième patin 70b. De la sorte, les efforts transverses appliqués par la biellette 80 sur l'actionneur 60 ne sont pas directement transmis à la tige filetée 64, mais sont en partie repris par les deux patins 70a, 70b du chariot 70, qui les amortissent tout en
5 garantissant le déplacement de la pièce de liaison 70c, et donc la transmission des mouvements de l'écrou 66 vers la billette 80.

Dans une variante de réalisation de ce mode de réalisation, l'écrou 66 peut être fixé sur la glissière 68 par l'intermédiaire d'une liaison pivot, en lieu et place de la liaison encastrement. Une telle configuration permet en
10 effet déjà de réduire la distance radiale entre la tige filetée 64 et la glissière 68. Toutefois, la Demanderesse s'est aperçue que les contraintes en termes de précision de fabrication sont sensiblement les mêmes lorsque la liaison mécanique est une liaison pivot ou une liaison encastrement : ainsi, une liaison encastrement est-elle préférée, en particulier lorsque les efforts
15 transverses sont en partie repris par le chariot 70 équipé de deux patins 70a, 70b.

Enfin, dans le but encore de mieux résister aux efforts parasites susceptibles d'être appliqués à la tige filetée 64, notamment par la biellette 80, le diamètre de la tige filetée 64 peut être augmenté en comparaison
20 avec le diamètre des tiges filetées des deux premiers modes de réalisation, ce qui permet de s'affranchir de solutions purement isostatiques. Ainsi, le diamètre de la tige filetée peut par exemple être de l'ordre de 10 mm dans les deux premiers modes de réalisation, tandis qu'il peut être de 12 mm dans la troisième forme de réalisation.

On notera qu'une telle augmentation du diamètre de la tige filetée 64
25 ne signifie pas pour autant une augmentation de l'encombrement de l'actionneur 60. Certes, l'augmentation du diamètre de la tige filetée 64 implique une augmentation du pas de la tige 64 et donc de la course de l'écrou 66, à moteur 63 égal. Toutefois, la mise en œuvre du roulement
30 mécanique 76 simple au lieu des moyens d'accouplement flexibles 73 et du roulement à rotule 75 permet, de son côté, de réduire la longueur axiale de

l'actionneur 60 en réduisant l'espace nécessaire entre l'arbre de sortie 63a du moteur 63 et la tige filetée 64.

Quel que soit le mode de réalisation, la biellette 80 peut être fixée sur
5 l'écrou 66 à l'aide d'une liaison mécanique 82 pouvant comprendre une liaison pivot, deux liaisons pivots d'axe sensiblement perpendiculaire, une liaison rotule 84 ou une liaison rotule à doigt telle qu'un joint de Cardan.

Dans l'exemple de réalisation illustré sur les figures, la biellette 80 est
par exemple fixée sur la deuxième partie du chariot 70 à l'aide d'un joint de
10 Cardan 82. Cette forme de réalisation permet en effet de faire coïncider le centre de la liaison mécanique entre la biellette 80 et le vérin 62 avec l'axe de la tige filetée 64, et de réduire ainsi les moments appliqués par le mécanisme sur la glissière 68.

Par ailleurs, la biellette 80 peut être fixée sur la structure de pied 4 à
15 l'aide d'une liaison rotule 84. Pour des questions d'encombrement et de transmission des efforts des actionneurs 60 à la structure de pied 4, la biellette 80 est de préférence fixée dans une zone postérieure de la structure de pied 4, par exemple une zone de la structure de pied 4 configurée pour venir en regard du talon de l'utilisateur portant
20 l'exosquelette 1.

Enfin, la biellette 80 peut comprendre deux bras 86, reliés rigidement entre eux au niveau de la liaison mécanique avec le vérin 62 et de la liaison rotule avec la structure de pied 4. Cette forme de réalisation permet en effet à la biellette 80 de suivre le mouvement de l'écrou 66 lors de sa translation
25 en direction du moteur 63 sans risquer de venir en contact avec la tige filetée 64, qui peut alors venir se placer entre les deux bras de la biellette 80. La présence des deux bras présente en outre l'avantage de permettre une meilleure reprise des efforts en traction et en compression appliqués à la biellette 80.

30

La structure de pied 4 peut notamment comprendre une pièce intermédiaire 42 montée mobile en rotation à l'aide de liaisons pivot

passives 44, 46 sur la structure de pied 4 et sur la structure de jambe inférieure 2, afin de permettre à la structure de cheville de pivoter autour des deux axes de pivotement, sur commande des actionneurs 60 parallèles.

Plus précisément, la pièce intermédiaire 42 peut être montée mobile
5 en rotation autour du premier axe de pivotement X1 sur la structure de jambe inférieure 2, et autour du deuxième axe de pivotement X2 sur la structure de pied 4, grâce à des liaisons pivot passives 44, 46.

La liaison pivot passive 44 autour du premier axe de pivotement X1 peut notamment comprendre des roulements à éléments roulants coniques
10 en O ou en X, centrés sur le premier axe de pivotement X1 et s'étendant de part et d'autre de la structure de pied 4. De tels roulements en O ou en X présentent un faible encombrement latéral et ne forment ainsi pas une gêne pour l'utilisateur lors de la marche en risquant de venir en contact avec des obstacles. Par exemple, deux roulements du type 61904-ZZ peuvent être
15 mis en œuvre.

Cette première liaison pivot passive 44 permet ainsi aux actionneurs 60 de faire tourner la structure de pied 4 autour du deuxième axe de pivotement X2 sans risquer de blocage de la structure au niveau du premier axe de pivotement X1.

La liaison pivot passive 46 autour du deuxième axe de pivotement
20 X2 comprend de préférence un unique roulement dans la mesure où l'insertion de deux roulements de part et d'autre du deuxième axe de pivotement X2 gênerait le pied de l'utilisateur portant l'exosquelette 1. Cette deuxième liaison pivot passive 46 peut par exemple comprendre un
25 roulement combiné à aiguilles avec butée à billes du type NKIB.

De la sorte, l'actionnement de l'un et/ou de l'autre des actionneurs 60, en particulier dans le cas d'un vérin 62 associé à une biellette 80, entraîne la rotation de la structure de pied 4, sans risquer de blocage.

30

Ici, la structure de pied 4 comprend une pièce de fixation 48, encastrée sur la structure de pied 4 et supportant la liaison pivot passive 46

autour du deuxième axe de pivotement X2, la pièce intermédiaire 42 étant montée en rotation sur la pièce de fixation 48 autour du deuxième axe de pivotement X2. Dans l'exemple de réalisation illustré sur les figures, les bielles 80 sont fixées sur cette pièce de fixation 48, par l'intermédiaire des liaisons rotules 84, de part et d'autre de la liaison pivot passive 46. Une telle configuration permet ainsi de fixer facilement les bielles 80 sur la structure de pied 4, dans une zone adjacente au talon de l'utilisateur, sans gêner pour autant l'introduction du pied de l'utilisateur dans la structure de pied 4.

10 Afin de permettre le montage de la pièce intermédiaire 42 en rotation autour du premier axe de pivotement X1, qui s'étend au niveau des malléoles de l'utilisateur qui porte l'exosquelette 1, la pièce intermédiaire 42 peut présenter une section en U, configurée pour contourner la cheville de l'utilisateur lorsque son pied est placé dans la structure de pied 4, tout en permettant aux liaisons pivot passives 44, 46 de la pièce intermédiaire 42 de venir en regard de ses malléoles. On comprendra bien entendu que la pièce intermédiaire 42 peut indifféremment être réalisée d'un seul tenant, ou en variante comprendre plusieurs éléments qui sont assemblés de manière à former une pièce monobloc.

20

Un exemple de fonctionnement de l'exosquelette 1 va à présent être décrit, dans le cas où les actionneurs 60 comprennent un vérin 62 du type vis à billes ou vis-écrou 66 et une bielle 80. Les deux vérins 62 sont identiques, et comprennent par conséquent des tiges filetées 64 de même longueur et de même pas, un même moteur 63 et des bielles 80 identiques. Les tiges filetées 64 peuvent être mises en rotation dans le sens trigonométrique ou dans le sens horaire.

Lorsque les deux tiges filetées 64 sont mises en mouvement de manière égale et simultanée de sorte à traduire l'écrou 66 en direction de l'extrémité libre des tiges 64, l'extrémité des bielles 80 qui est fixée sur l'écrou 66 est déplacée en direction de la structure de pied 4. L'extrémité opposée des bielles 80 applique alors un effort sur la structure de pied 4

qui tend à faire pivoter la structure de pied 4 autour du premier axe de pivotement X1 uniquement. Ce mouvement permet ainsi de fléchir le pied de l'utilisateur portant l'exosquelette 1.

Lorsque les deux tiges filetées 64 sont mises en mouvement de manière égale et simultanée, dans le sens de rotation opposé de sorte à translater l'écrou 66 en direction du moteur 63, l'extrémité des biellettes 80 qui est fixée sur l'écrou 66 est déplacée dans la direction opposée à la structure de pied 4, vers la liaison mécanique du genou 3. L'extrémité opposée des biellettes 80 applique alors un effort sur la structure de pied 4 qui tend à faire pivoter la structure de pied 4 autour du premier axe de pivotement X1 uniquement, dans le sens opposé, ce qui permet de tendre le pied de l'utilisateur.

Lorsque les deux tiges filetées 64 sont mises en mouvement de manière différente, par exemple l'une dans le sens trigonométrique et l'autre dans le sens horaire, l'une des biellettes 80 est déplacée en direction de la structure de pied 4 tandis que l'autre des biellettes 80 est déplacée dans la direction opposée, ce qui permet de faire pivoter la structure de pied 4 autour du deuxième axe de pivotement X2 et donc d'effectuer des mouvements d'inversion ou d'éversion, selon le sens de rotation de chaque tige filetée 64. Bien entendu, la course des deux écrous 66 peut être identique ou différente afin d'ajuster au mieux l'orientation du pied et, le cas échéant, induire une rotation de la structure de pied 4 autour du premier et/ou du deuxième axe de pivotement X1, X2.

Le pilotage de la structure de pied 4 peut donc être réalisé de manière très précise, en fonction du sens de rotation et de la course de chaque tige filetée 64.

L'exosquelette 1 peut également comprendre un système 100 configuré pour soulager les moteurs 60c, 63 des actionneurs 60 pour fournir l'impulsion nécessaire au décolllement du pied en fin de phase d'appui. En effet, à la fin de la phase d'appui, un couple important est nécessaire autour

de l'axe de pivotement X1 afin d'assurer le mouvement de marche de l'exosquelette 1.

Ainsi, le système 100 peut comprendre un ensemble formant ressort en compression, fixé d'une part sur la pièce intermédiaire 42 et d'autre part
5 sur la structure de jambe inférieure 2, qui est configuré pour ne solliciter la structure de pied 4 que pendant la phase d'appui, et notamment lors du décollement du pied.

A cet effet, l'ensemble formant ressort 100 peut par exemple comprendre un corps creux 110, comprenant une première 112 et une
10 deuxième 114 extrémité et logeant un organe élastiquement déformable 120 présentant une première raideur.

Le corps creux 110 est monté dans un logement 105 formé dans la structure de jambe inférieure 2. Le logement comprend un fond 106 et une embouchure 108, la première extrémité 112 du corps creux 110 étant en
15 regard du fond 106. Le fond 106 comprend en outre un orifice traversant 107. L'embouchure 108 peut être ouverte et déboucher sur l'extérieure, ou fermée par un capot.

L'organe élastiquement déformable 120 peut notamment comprendre un ressort. Le corps creux 110 peut être de forme cylindrique ou tubulaire.

20 Le ressort 120 est monté dans le corps creux 110 de manière à venir en butée contre sa première extrémité 112 et est connecté à un élément de fixation 130 traversant le logement 105, le corps creux 110 et le ressort 120 et faisant saillie de sa première extrémité 112 et de l'orifice traversant 107. Cet élément de fixation 130 est par ailleurs fixé sur la structure de pied 4,
25 par exemple au niveau de la pièce intermédiaire 42.

Dans une forme de réalisation, l'élément de fixation 130 est flexible et peut par exemple comprendre un câble. Le caractère flexible permet en effet à l'élément de fixation 130 de s'adapter aux mouvements de rotation de la structure de pied 4 et de ne pas transmettre d'efforts autres que les
30 efforts en traction à l'ensemble formant ressort 100. Dans ce qui suit, l'invention sera plus particulièrement décrite dans le cas d'un élément de

fixation 130 comprenant un câble. Ceci n'est cependant pas limitatif, le câble n'étant qu'un mode de réalisation possible de l'élément de fixation.

L'objectif étant de soulager les moteurs 60c, 63 lors de la phase d'appui et donc lorsque le pied est fléchi, le câble 130 est fixé dans une zone postérieure de la structure de pied 4, de préférence dans une zone située entre le premier axe de pivotement X1 et le talon de la structure de pied 4. Notamment, le câble 130 peut être fixé sur la pièce intermédiaire 42, par exemple à l'aide d'une pièce 43 rapportée sur la pièce intermédiaire 42 et configurée pour bloquer le câble 130 par rapport à la pièce intermédiaire 42.

Le ressort 120 logé dans le corps creux 110 est de préférence coaxial avec le corps creux 110.

La connexion entre le ressort 120 et le câble 130 peut être réalisée par collage ou soudage. En variante, le ressort 120 peut comprendre une pièce de blocage 122, fixée sur une partie du ressort 120 qui s'étend à distance de la première extrémité 112 du corps creux 110, tandis que le câble 130 présente une surépaisseur 132 configurée pour venir en butée contre la pièce de blocage 122. Une traction sur le câble 130 dans une direction opposée à la deuxième extrémité 114 du corps creux 110 a donc pour effet de mettre en contact la surépaisseur 132 avec la pièce de blocage 122 et de comprimer le ressort 120.

La raideur et la longueur du ressort 120 sont choisies en fonction de la longueur du câble 130 et de la plage angulaire pouvant être parcourue par la structure de pied 4 par rapport à la structure de jambe inférieure 2 de manière à garantir que le câble 130 reste tendu à tout instant, quelle que soit la position de la structure de pied 4 par rapport à la structure de jambe inférieure 2, et donc quelle que soit la phase de marche de l'exosquelette 1. Cela permet en effet d'améliorer le temps de réaction de l'ensemble formant ressort 100 en évitant les éventuels à-coups qui pourraient être inconfortables pour l'utilisateur.

Le câble 130 comprend en outre une butée d'arrêt 134, fixée sur ou formée intégralement avec le câble 130 entre la surépaisseur 132 et

l'extrémité du câble 130 qui est logée dans le corps creux 110, configuré pour coopérer avec une protubérance 116, fixée dans le corps creux 110 et formant un obstacle à la butée d'arrêt 134. La protubérance 116 peut par exemple présenter la forme d'une collerette. La butée d'arrêt 134 peut quant
5 à elle être fixée sur l'extrémité du câble 130.

Enfin, l'ensemble formant ressort 100 comprend un ressort utile 140, positionné dans le logement 105 autour du corps creux 100. Le ressort utile 140 est en appui et comprimé entre le fond 106 du logement 105 de la structure de jambe inférieure 2 et une butée d'appui 118 formée sur le corps
10 creux 110. Le ressort utile 140 et le corps creux 110 sont donc coaxiaux, le corps creux 110 formant un support pour le ressort utile 140. La butée d'appui 118 du corps creux 110 peut notamment être fixée à proximité de sa deuxième extrémité 114, et comporter un boulon afin de permettre le déplacement éventuel de la butée d'appui 118 par rapport au corps creux
15 110 et donc l'ajustement de la raideur du ressort utile 140.

De la sorte, lorsqu'un effort en traction est appliqué sur le câble 130, la surépaisseur 132 est déplacée dans le corps creux 110 et comprime le ressort 120 jusqu'à ce que la butée d'arrêt 134 vienne en contact avec la
20 protubérance 116 et bloque le déplacement relatif du câble 130 et du ressort 120 par rapport au corps creux 110. Ainsi, le câble 130 est bloqué en translation par la protubérance 116 et ne peut plus comprimer le ressort 120. Si la structure de pied 4 continue de tirer sur le câble 130, l'ensemble formé par le câble 130, le corps creux 110 et la butée d'appui 118 se
25 déplacent, comprimant alors le ressort 140 entre la butée d'appui 118 et le fond 106 du logement 105, le logement 105 étant solidaire en mouvement de la structure de jambe inférieure 2.

L'ensemble formant ressort 100 peut être dimensionné pour que cette configuration corresponde au cas où la structure de pied 4 initie la
30 phase d'appui sur le sol.

La raideur du ressort utile 140 est de préférence plus grande que la raideur du ressort 120 logé dans le corps creux 110, afin de garantir que

seul le ressort 120 logé dans le corps creux 110 se comprime tant que la butée d'arrêt 134 ne vient pas en contact avec la protubérance 116. Dans cette phase, il n'est en effet pas nécessaire de soulager les moteurs 60c, 63. Puis, une fois que la butée d'arrêt 134 vient en butée contre la protubérance 116, le câble 130 applique un effort de traction sur le corps creux 110 qui tend donc à comprimer le ressort utile 140, et donc à générer un couple sur la structure de pied 4 autour du premier axe de pivotement X1 de manière à tendre le pied, ce qui soulage les moteurs 60c, 63 des actionneurs 60 et permet de fournir l'impulsion nécessaire au décolllement du pied lors d'un cycle de marche.

On comprendra bien entendu que d'autres organes élastiques présentant une raideur peuvent être mis en œuvre, en lieu et place du ressort 120 logé dans le corps creux 110 et/ou du ressort utile 140.

15

Par ailleurs, l'ensemble formant ressort 100 de compression peut être mis en œuvre indépendamment de l'exosquelette 1 décrit ici, sur tout dispositif nécessitant l'application d'un effort uniquement pendant certaines phases de travail du dispositif. La description de cet ensemble formant ressort 100 s'applique donc à tout dispositif comprenant une première pièce, sur laquelle peut être fixé le corps creux 110 qui porte le ressort utile 140, et une deuxième pièce, mobile par rapport à la première pièce et sur laquelle peut être fixée l'autre extrémité du ressort utile 140 afin d'y appliquer un effort. L'élément de fixation 130 est alors fixé sur la deuxième pièce de manière à appliquer un effort sur le ressort 120 logé dans le corps creux 110 lorsque la deuxième pièce est déplacée par rapport à la première, jusqu'à atteindre un seuil prédéfini à partir duquel l'élément de fixation, le ressort 120 et le corps creux 110 se déplacent solidairement, seul le ressort utile 140 étant sollicité et appliquant un effort sur les deux pièces.

REVENDEICATIONS

1. Exosquelette comprenant :

- 5 - une structure de pied, comprenant un plan de support configuré pour recevoir un pied d'un utilisateur,
- une structure de jambe inférieure configurée pour recevoir une partie inférieure d'une jambe de l'utilisateur,
- une liaison mécanique de genou, configurée pour relier la structure
- 10 de jambe inférieure à une structure de jambe supérieure configurée pour recevoir une partie supérieure d'une jambe de l'utilisateur, la liaison mécanique de genou présentant un axe de pivotement, et
- une liaison mécanique de cheville, reliant la structure de pied à la structure de jambe inférieure, la liaison mécanique de cheville comprenant
- 15 une première liaison pivot présentant un premier axe de pivotement, ledit premier axe de pivotement étant sensiblement parallèle à l'axe de pivotement de la liaison mécanique de genou,
- l'exosquelette étant caractérisé en ce que la liaison mécanique de cheville comprend en outre une deuxième liaison pivot présentant un deuxième axe
- 20 de pivotement, ledit deuxième axe de pivotement s'étendant dans un plan perpendiculaire au premier axe de pivotement et formant avec le plan de support un angle compris entre 30° et 60° lorsque l'exosquelette est debout et au repos.

- 25 2. Exosquelette selon la revendication 1, dans lequel le deuxième axe de pivotement forme un angle compris entre 40° et 50° avec le plan de support lorsque l'exosquelette est debout et au repos, de préférence de l'ordre de 45°.

- 30 3. Exosquelette selon l'une des revendications 1 ou 2, comprenant en outre deux actionneurs en parallèle, fixés entre la structure de pied et la structure de jambe inférieure et configurés pour contrôler une position

angulaire de la structure de pied autour du premier et du deuxième axe de pivotement de la liaison mécanique de cheville.

4. Exosquelette selon la revendication 3, dans lequel les actionneurs
5 en parallèle sont fixés de part et d'autre de la structure de jambe inférieure.

5. Exosquelette selon l'une des revendications 3 ou 4, dans lequel les actionneurs comprennent chacun :

- un actionneur linéaire, monté sur la structure de jambe inférieure, et
- 10 - une biellette, montée d'une part sur l'actionneur linéaire et d'autre part sur la structure de pied à l'aide d'une liaison rotule, de sorte qu'une translation de l'actionneur linéaire entraîne une rotation de la biellette par rapport à la structure de pied.

15 6. Exosquelette selon la revendication 5, dans lequel les actionneurs linéaires comprennent un vérin associé à un moteur, de préférence du type vis à billes ou vis-écrou.

20 7. Exosquelette selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le vérin comprend une tige filetée, entraînée en rotation par le moteur, et un écrou fixe en rotation par rapport à la structure de jambe, la biellette comprenant une extrémité montée sur l'écrou de sorte qu'une translation de l'écrou entraîne une translation de l'extrémité de la biellette.

25 8. Exosquelette selon la revendication 7, dans lequel chaque actionneur comprend en outre au moins une glissière comportant un rail de guidage, fixé sur la structure de jambe inférieure, et un chariot, mobile en translation le long du rail de guidage, l'écrou étant fixé sur le chariot de la glissière.

30

9. Exosquelette selon la revendication 8, dans lequel le chariot comprend un premier patin et un deuxième patin, montés mobiles en

translation sur le rail de guidage de la glissière et connectés solidairement par une pièce de liaison, l'écrou et la biellette étant fixés sur la pièce de liaison du chariot.

5 10. Exosquelette selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel une liaison mécanique entre l'écrou et la biellette comprend une liaison pivot et une liaison mécanique entre la biellette et la structure de pied comprend une liaison rotule.

10 11. Exosquelette selon la revendication 10, dans lequel la liaison mécanique entre l'écrou et la biellette comprend un joint de Cardan, ou deux liaisons pivot d'axe sensiblement perpendiculaire.

15 12. Exosquelette selon l'une des revendications 7 à 11, dans lequel le vérin comprend en outre un roulement mécanique simple interposé entre une sortie du moteur et la tige filetée, ledit roulement mécanique présentant un défaut d'alignement compris entre cinq minutes d'arc et quinze minutes d'arc, typiquement d'environ dix minutes d'arc.

20 13. Exosquelette selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel :
- la première liaison pivot est positionnée sur la structure de pied de sorte à venir en regard d'une malléole interne et d'une malléole externe d'un utilisateur portant l'exosquelette, et/ou
- la deuxième liaison pivot est positionnée sur la structure de pied de
25 sorte à venir en regard d'un talon ou d'un tendon d'Achille de l'utilisateur.

14. Exosquelette selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel le premier axe de pivotement et l'axe de pivotement de la liaison mécanique de genou forment un angle compris entre 0° et une quinzaine de degrés, de
30 préférence entre 6° et 10°, par exemple 8°.

15. Exosquelette selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel le premier axe de pivotement s'étend dans un plan parallèle au sol lorsque l'exosquelette est debout et au repos.

5 16. Exosquelette selon l'une des revendications 1 à 15, comprenant en outre une pièce intermédiaire qui est d'une part montée sur la structure de pied en étant libre en rotation par rapport à la structure de pied autour du deuxième axe de pivotement, et d'autre part montée à pivotement autour du premier axe de pivotement sur la structure de jambe inférieure.

10

17. Exosquelette selon la revendication 16, dans lequel la pièce intermédiaire est montée sur la structure de jambe inférieure et sur la structure de pied à l'aide de liaisons pivot passives.

15 18. Exosquelette selon l'une des revendications 16 ou 17, comprenant en outre un ensemble formant ressort en compression, fixé d'une part sur la pièce intermédiaire et d'autre part sur la structure de jambe inférieure.

20 19. Exosquelette selon la revendication 18, dans lequel l'ensemble formant ressort comprend un premier organe élastiquement déformable, le premier organe étant connecté d'une part à la pièce intermédiaire, entre la première et la deuxième liaison pivot, à l'aide d'un élément de fixation, et
25 d'autre part à la structure de jambe inférieure, ledit premier organe étant configuré pour appliquer un effort de traction sur la pièce intermédiaire.

20. Exosquelette selon la revendication 19, dans lequel l'élément de fixation est flexible.

30 21. Exosquelette selon l'une des revendications 19 ou 20, dans lequel l'ensemble formant ressort comprend en outre un corps creux de forme sensiblement allongée présentant une première extrémité et une

deuxième extrémité opposée à la première extrémité, ledit corps creux étant monté dans un logement formé dans la structure de jambe inférieure, la première extrémité du corps creux étant en regard d'un fond du logement, et le premier organe étant monté dans le logement et comprimé entre le
5 fond dudit logement et la deuxième extrémité du corps creux.

22. Exosquelette selon la revendication 21, comprenant en outre un deuxième organe élastiquement déformable, logé dans le corps creux, le deuxième organe étant fixé à proximité de la première extrémité du corps
10 creux, l'élément de fixation coopérant avec le deuxième organe de sorte que le deuxième organe est configuré pour tendre l'élément de fixation, et l'élément de fixation étant logé dans le corps creux et faisant saillie de la première extrémité dudit corps creux et du fond du logement.

15 23. Exosquelette selon la revendication 22, dans lequel le premier organe et/ou le deuxième organe comprend un ressort en compression.

24. Exosquelette selon la revendication 23, dans lequel le premier organe et le deuxième organe comprennent un ressort en compression, le
20 deuxième organe présentant une raideur inférieure à la raideur du premier organe.

25. Exosquelette selon l'une des revendications 21 à 24, dans lequel l'élément de fixation présente une surépaisseur, logée dans le corps creux,
25 et le deuxième organe comprend une pièce de blocage configurée pour former une butée pour la surépaisseur.

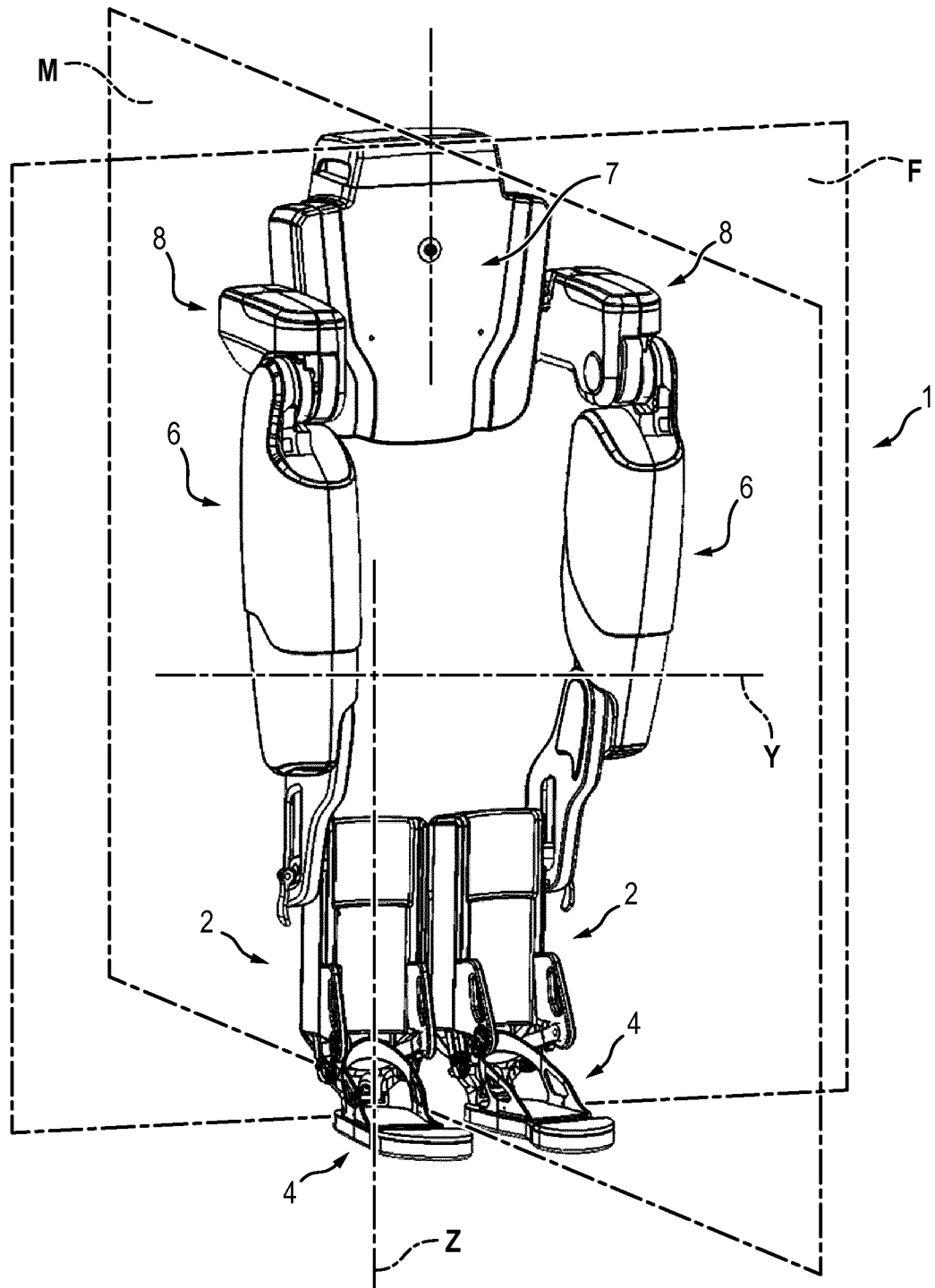
26. Exosquelette selon l'une des revendication 21 à 25, dans lequel l'élément de fixation comprend en outre une butée d'arrêt, fixée sur
30 l'élément de fixation, et le corps creux comprend en outre une protubérance, fixée sur une paroi interne du corps creux et configurée pour

coopérer avec la butée d'arrêt et former un obstacle pour la butée d'arrêt de l'élément de fixation.

27. Exosquelette selon l'une des revendications 21 à 26, dans lequel
- 5 le corps creux comprend en outre un boulon, fixé à proximité de sa deuxième extrémité, le premier organe étant en butée contre ledit boulon.

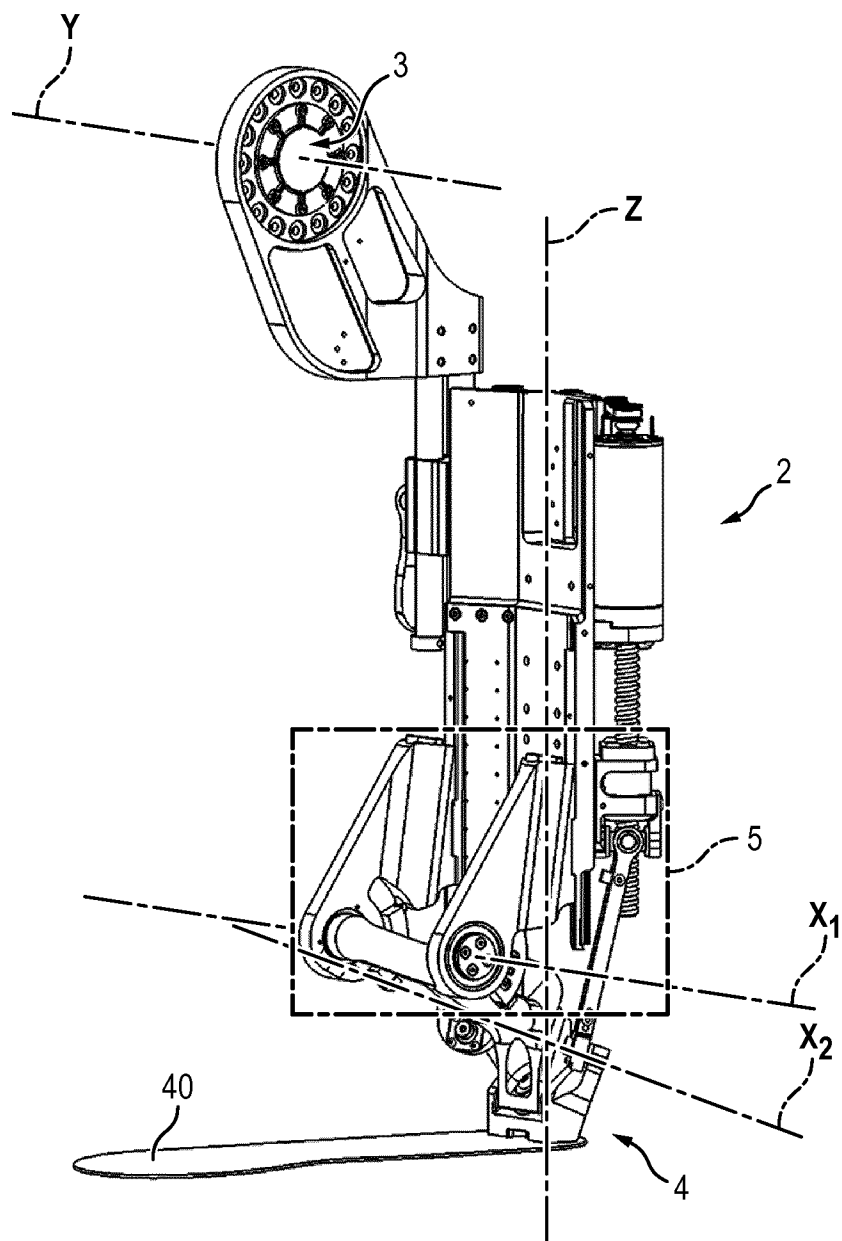
1/10

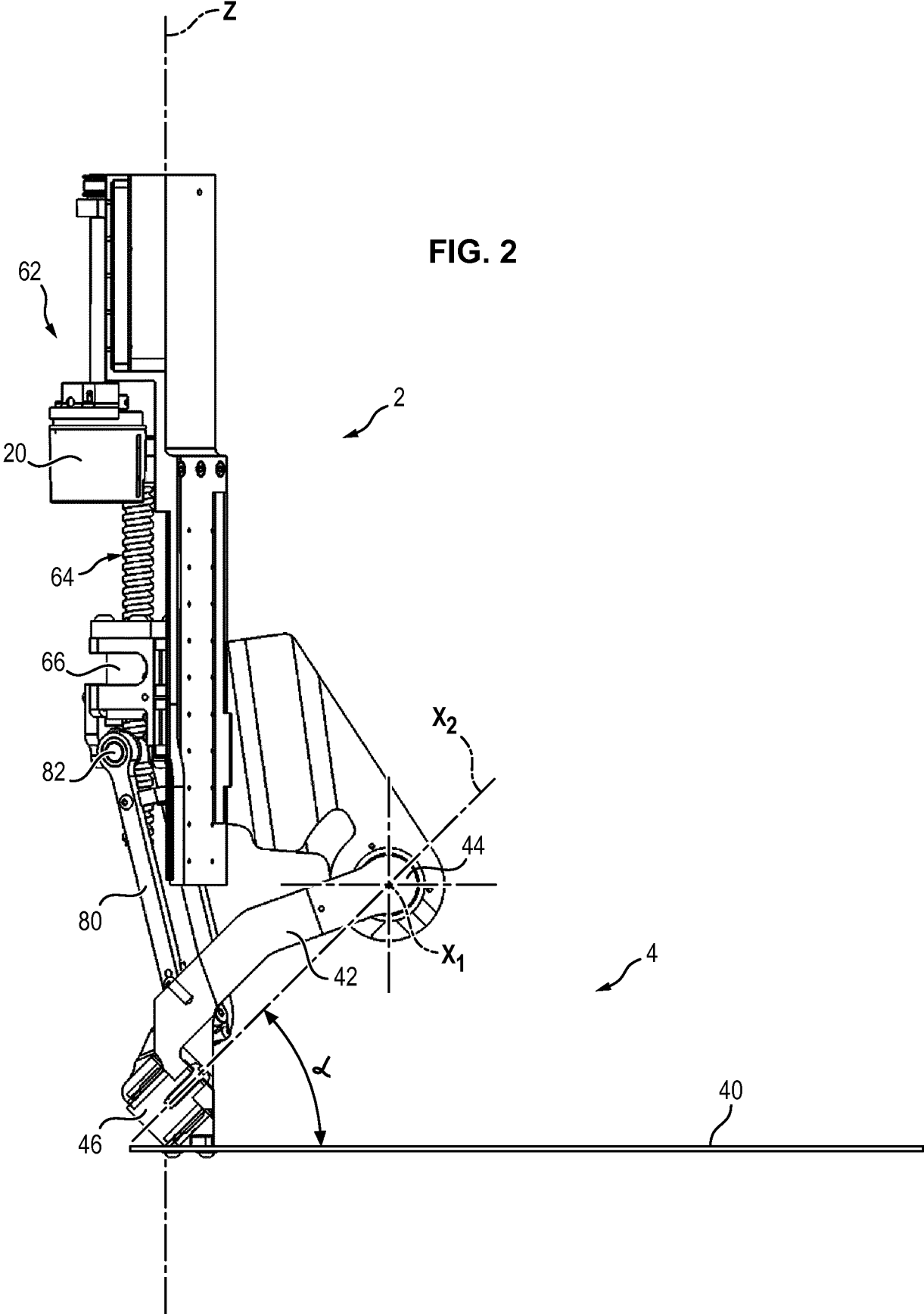
FIG. 1a



2/10

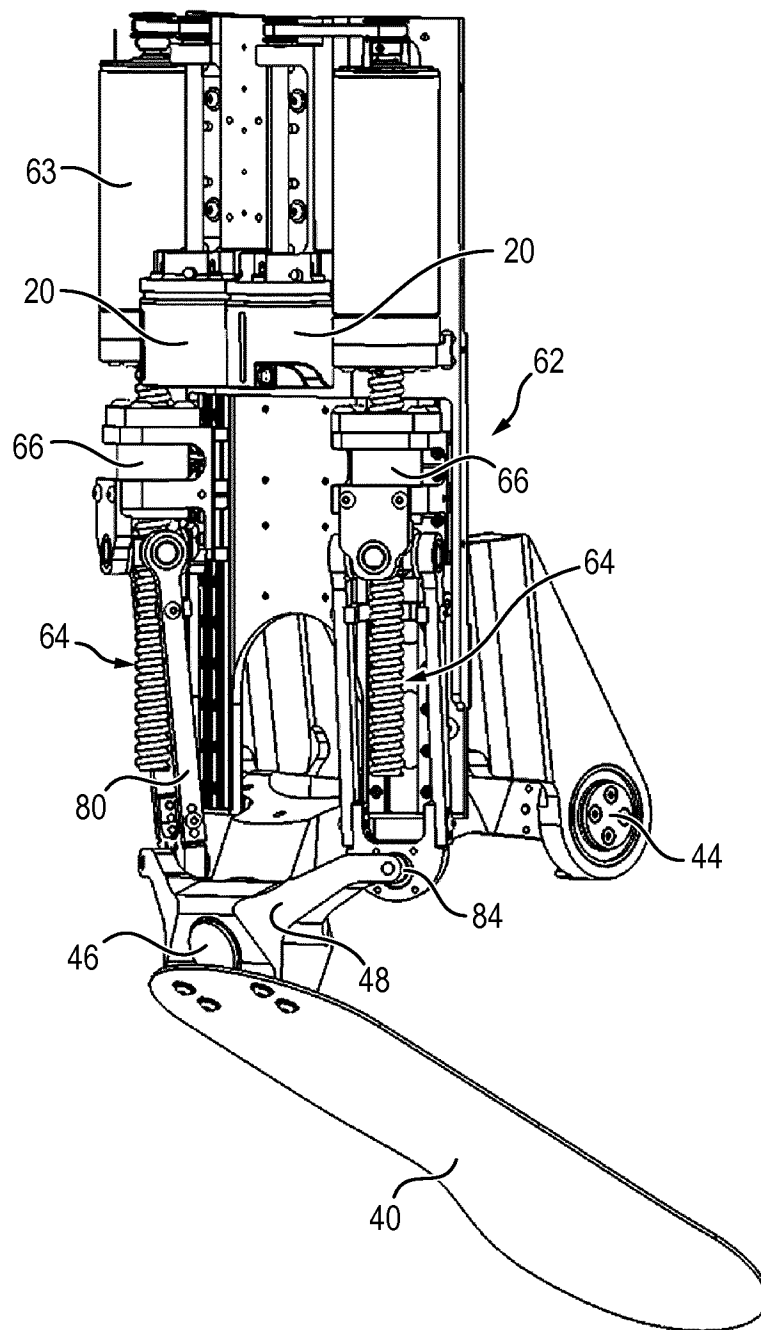
FIG. 1b





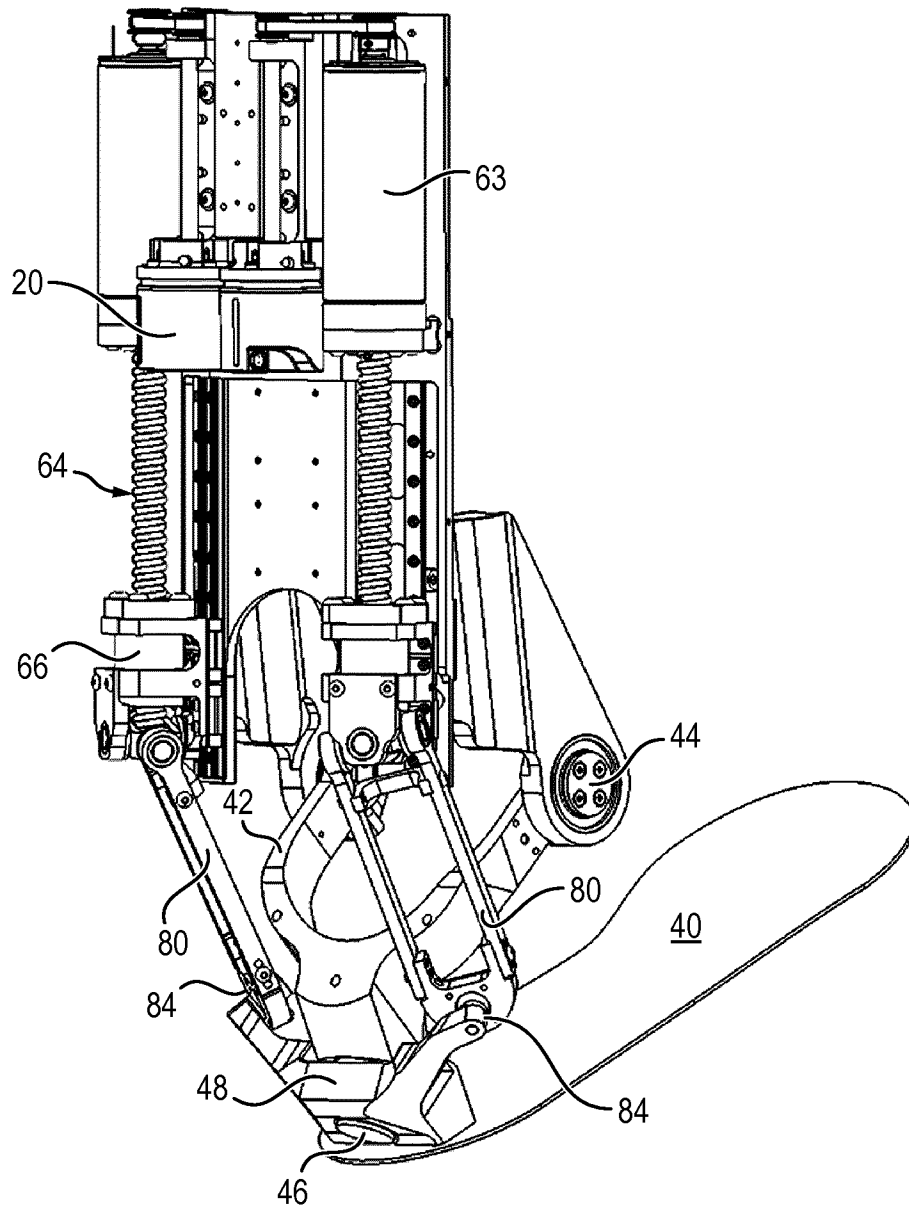
4/10

FIG. 3a



5/10

FIG. 3b



6/10

FIG. 4

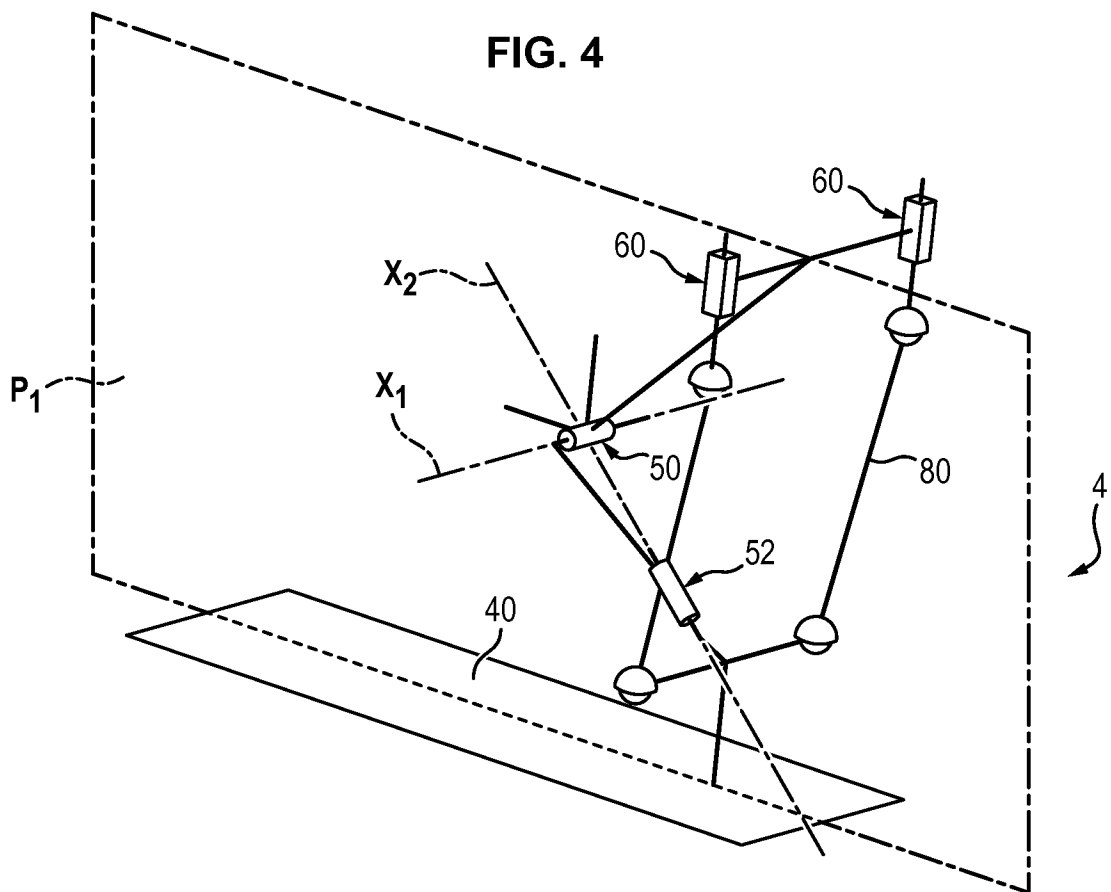
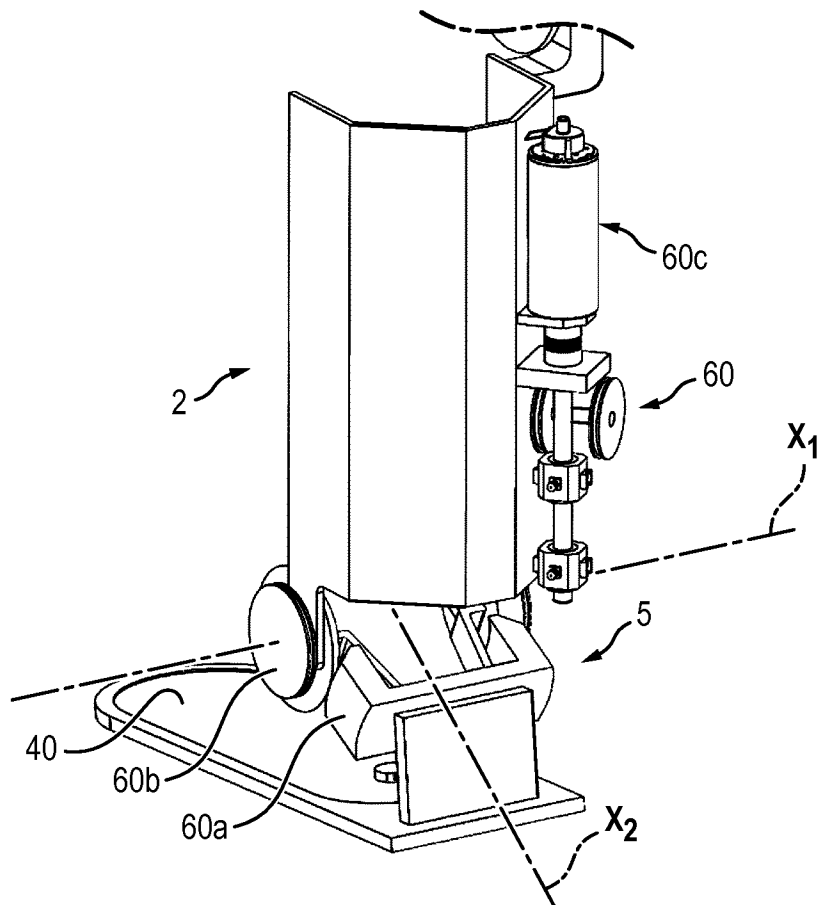


FIG. 5



7/10

FIG. 6a

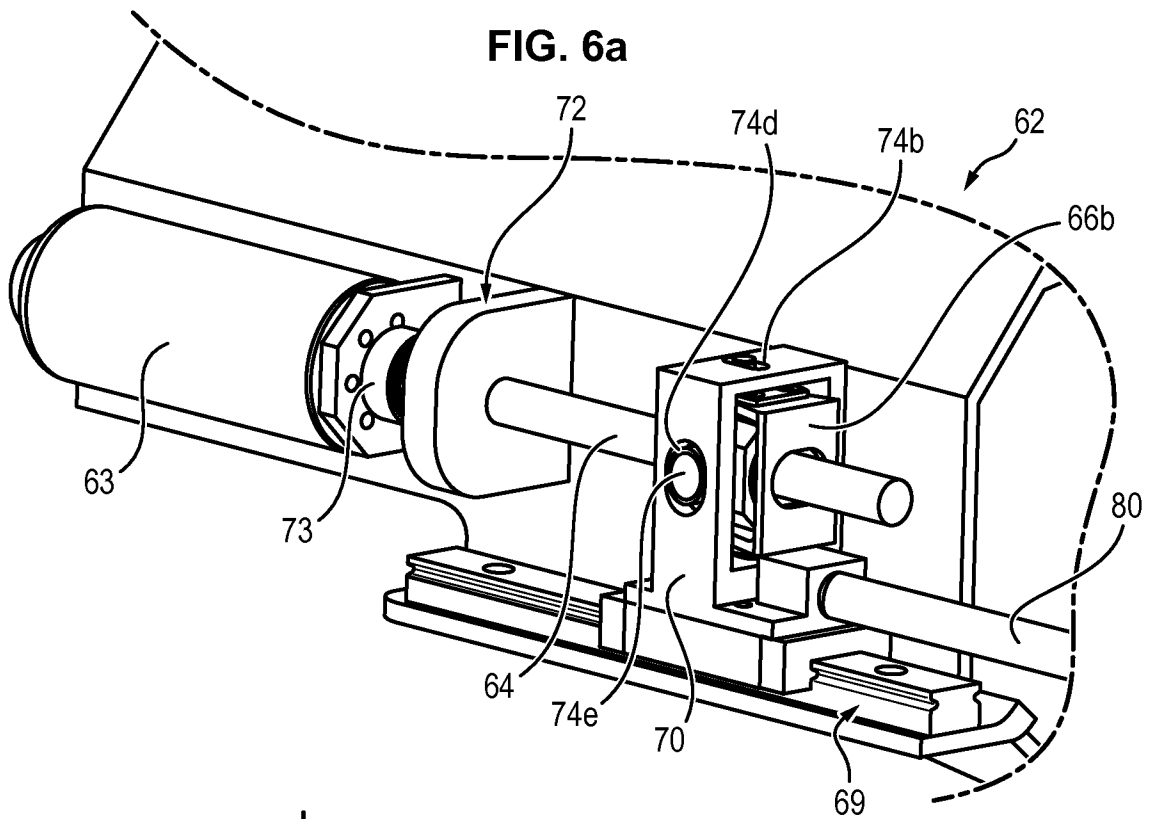


FIG. 6b

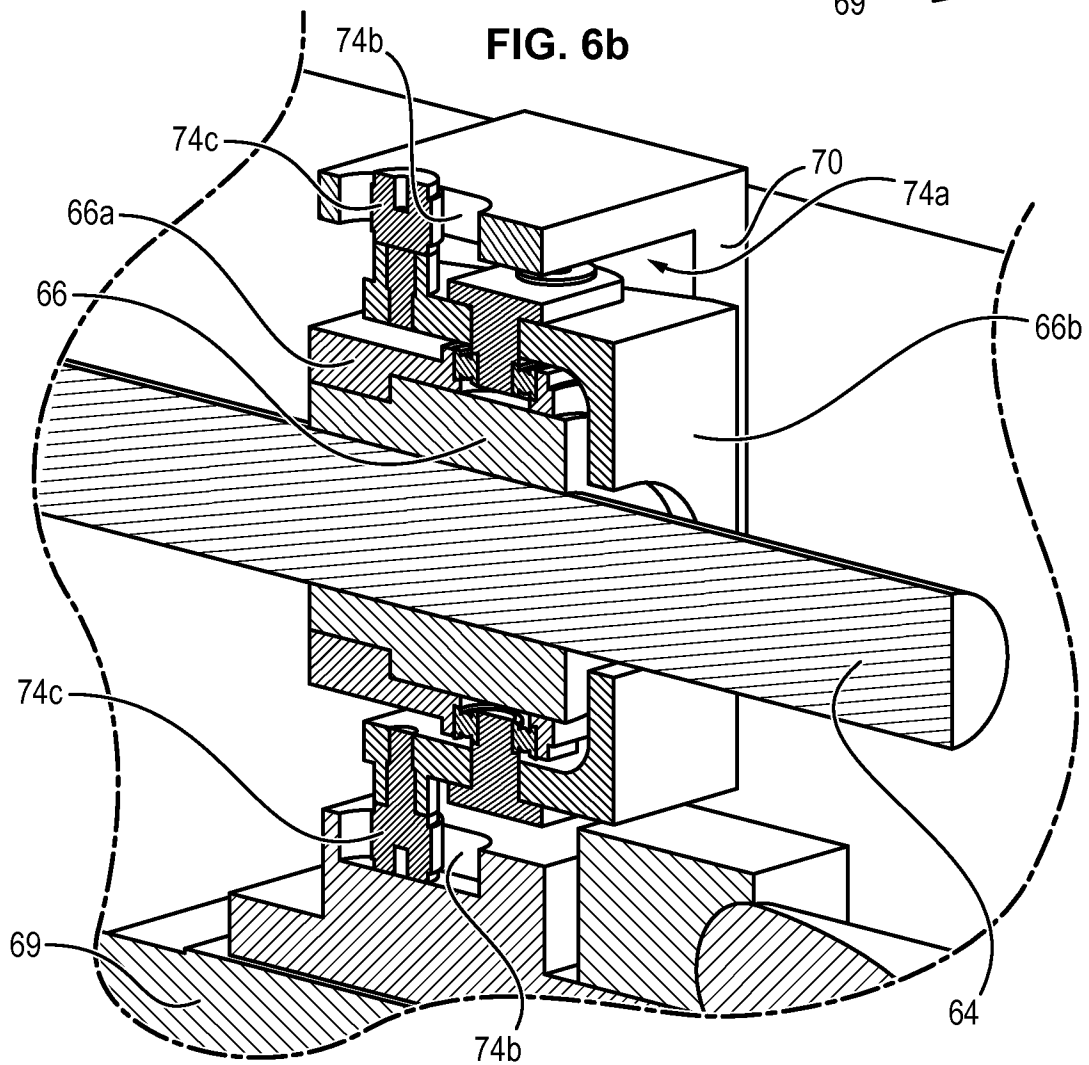
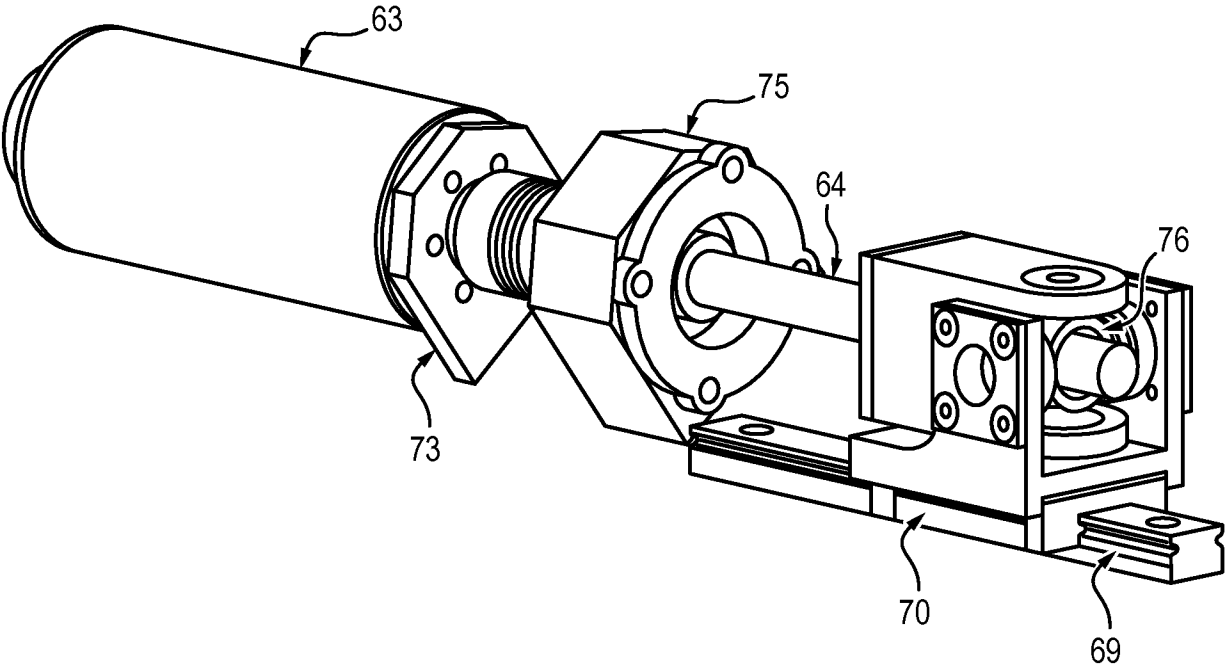


FIG. 7



9/10

FIG. 8a

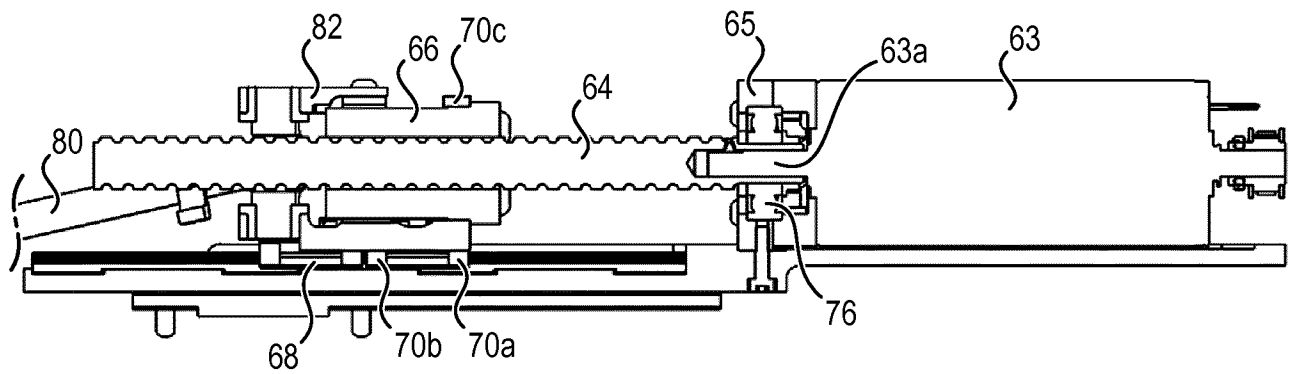
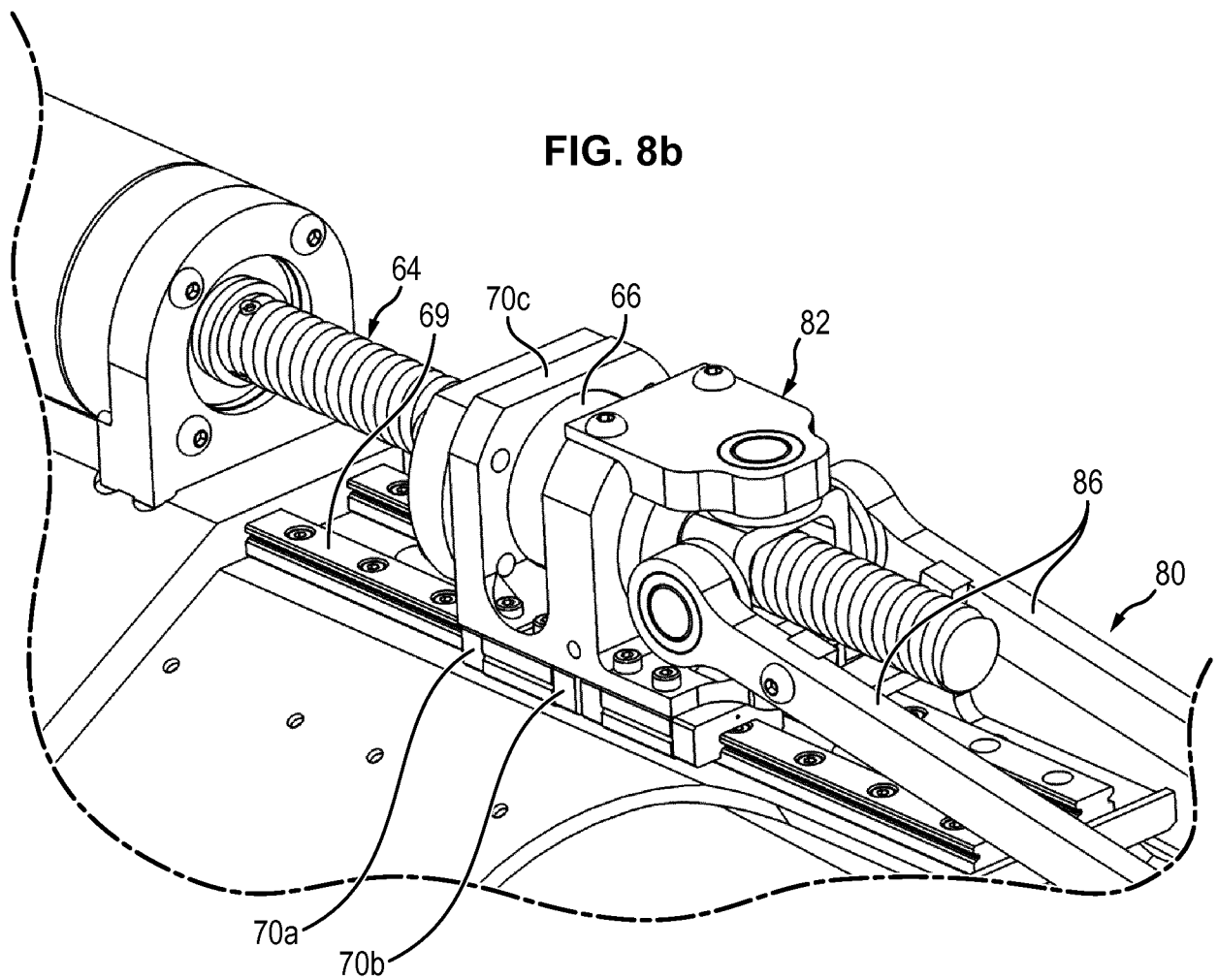


FIG. 8b



10/10

FIG. 9

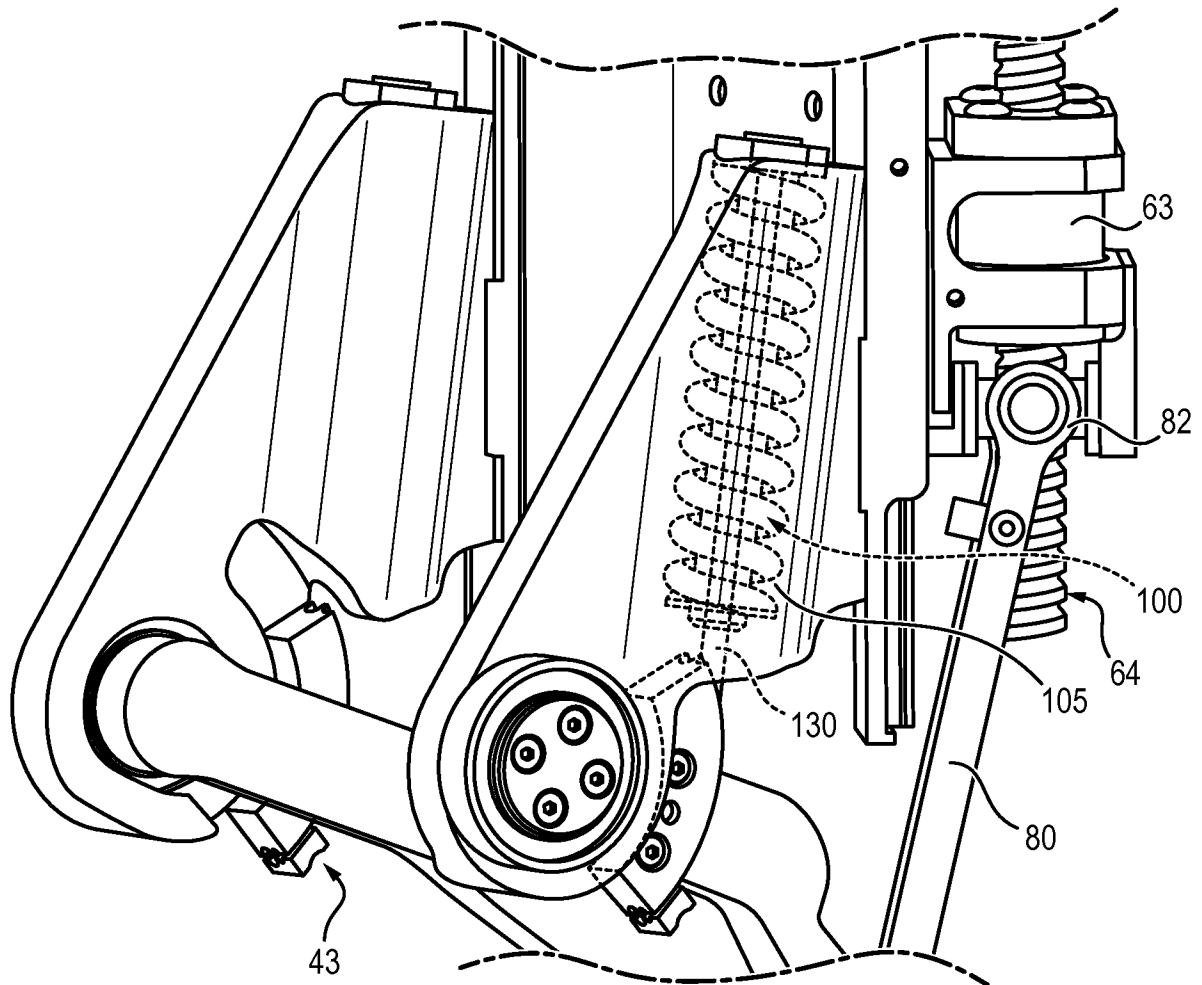
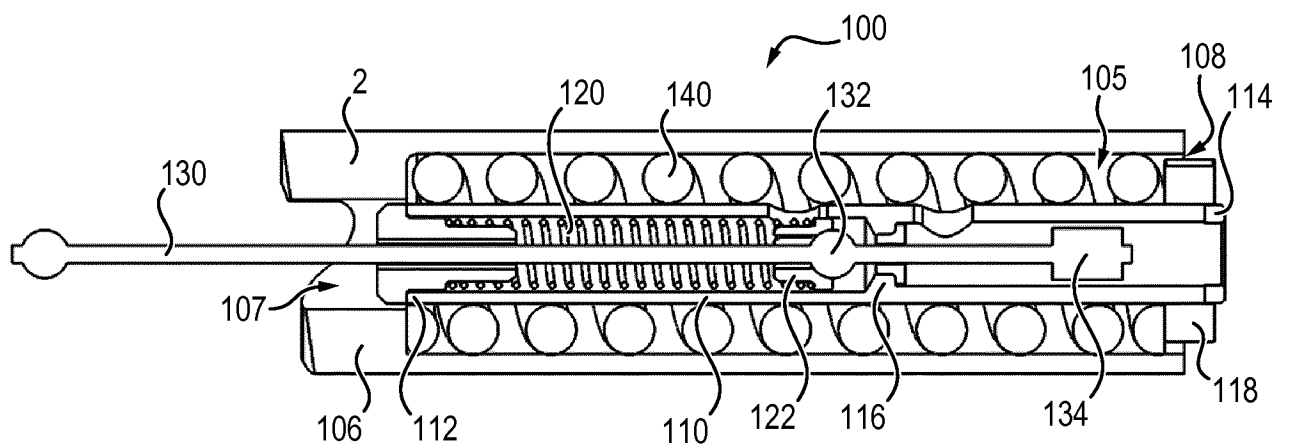


FIG. 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/057626

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. A61H1/02 A61H3/00
 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)
 A61H B25J

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 2013 0045776 A (UNIV SOGANG IND UNIV COOP FOUN [KR]) 6 May 2013 (2013-05-06)	1
A	paragraphs [0047], [0059] - [0061], [0067] - [0069]; figures 4,12,15a,15b	2,13-15
Y	US 2012/283613 A1 (DEHEER PATRICK [US] ET AL) 8 November 2012 (2012-11-08)	1,2,13-15
Y	GB 2 485 454 A (C PRO DIRECT LTD [GB]) 16 May 2012 (2012-05-16)	1,2,13-15
	page 12, lines 23-32 - page 13, lines 1-33 pages 14-16,21; figures 4-7,13,14,19,22	
A	JP 2012 110497 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 14 June 2012 (2012-06-14)	1,2,13-15
	paragraphs [0029] - [0033]; figures 3,5,6	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 June 2016

Date of mailing of the international search report

16/08/2016

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

Teissier, Sara

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2016/057626

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1, 2, 13-15

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

This International Searching Authority found multiple inventions or groups of inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1, 2, 13-15

Exoskeleton comprising a mechanical ankle joint including two pin joints having pivot axes.

2. Claims: 3-12

Exoskeleton comprising two parallel actuators.

3. Claims: 16-27

Exoskeleton comprising an intermediate part between the structure of the foot and the structure of the lower leg.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/057626

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 20130045776 A	06-05-2013	NONE	
US 2012283613 A1	08-11-2012	NONE	
GB 2485454 A	16-05-2012	AU 2011327952 A1	20-06-2013
		CA 2817067 A1	18-05-2012
		CN 103338728 A	02-10-2013
		EP 2637612 A2	18-09-2013
		ES 2554906 T3	28-12-2015
		GB 2485454 A	16-05-2012
		PT 2637612 E	18-12-2015
		RU 2013125553 A	20-12-2014
		US 2013226059 A1	29-08-2013
		WO 2012063049 A2	18-05-2012
JP 2012110497 A	14-06-2012	JP 5714874 B2	07-05-2015
		JP 2012110497 A	14-06-2012

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/057626

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. A61H1/02 A61H3/00
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
A61H B25J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	KR 2013 0045776 A (UNIV SOGANG IND UNIV COOP FOUN [KR]) 6 mai 2013 (2013-05-06)	1
A	alinéas [0047], [0059] - [0061], [0067] - [0069]; figures 4,12,15a,15b	2,13-15
Y	US 2012/283613 A1 (DEHEER PATRICK [US] ET AL) 8 novembre 2012 (2012-11-08) alinéas [0043] - [0048]; figures	1,2, 13-15
Y	GB 2 485 454 A (C PRO DIRECT LTD [GB]) 16 mai 2012 (2012-05-16) page 12, lignes 23-32 - page 13, lignes 1-33 pages 14-16,21; figures 4-7,13,14,19,22	1,2, 13-15
A	JP 2012 110497 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 14 juin 2012 (2012-06-14) alinéas [0029] - [0033]; figures 3,5,6	1,2, 13-15



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"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)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"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

"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

"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

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 juin 2016

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

16/08/2016

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Teissier, Sara

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALEDemande internationale n°
PCT/EP2016/057626**Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)**

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :
2. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :
3. ☐ Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}:
4. ☒ Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}:
1, 2, 13-15

- Remarque quant à la réserve**
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1, 2, 13-15

Exosquelette comprenant une liaison mécanique de cheville
comprenant deux liaisons pivots avec des axes de pivotement

2. revendications: 3-12

Exosquelette comprenant deux actionneurs en parallèle

3. revendications: 16-27

Exosquelette comprenant une pièce intermédiaire entre la
structure du pied et la structure de la jambe inférieure.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/057626

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
KR 20130045776 A	06-05-2013	AUCUN	
US 2012283613 A1	08-11-2012	AUCUN	
GB 2485454 A	16-05-2012	AU 2011327952 A1 CA 2817067 A1 CN 103338728 A EP 2637612 A2 ES 2554906 T3 GB 2485454 A PT 2637612 E RU 2013125553 A US 2013226059 A1 WO 2012063049 A2	20-06-2013 18-05-2012 02-10-2013 18-09-2013 28-12-2015 16-05-2012 18-12-2015 20-12-2014 29-08-2013 18-05-2012
JP 2012110497 A	14-06-2012	JP 5714874 B2 JP 2012110497 A	07-05-2015 14-06-2012