

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 110 476

21 N° d'enregistrement national : 20 05402

51 Int Cl⁸ : B 25 J 9/00 (2019.12), B 65 G 7/12

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 21.05.20.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.11.21 Bulletin 21/47.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : *ROBOTIQUES 3 DIMENSIONS Société Anonyme — FR.*

72 Inventeur(s) : PERRIN Antoine, CHARMOILLE Stéphane et GRYGOROWICZ Serge.

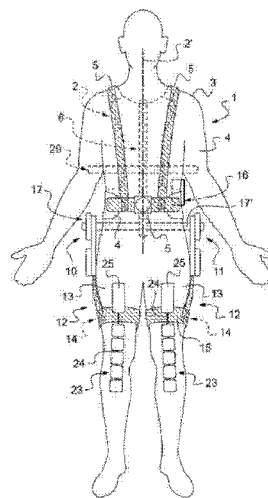
73 Titulaire(s) : *ROBOTIQUES 3 DIMENSIONS Société Anonyme.*

74 Mandataire(s) : Cabinet BENECH.

54 EXOSQUELETTE AMELIORÉ POUR ASSISTANCE AUX EFFORTS VERTICAUX.

57 Il s'agit d'un exosquelette (1) et d'un procédé d'utilisation d'un exosquelette comprenant une structure dorsale (2) axiale, fixable de façon amovible aux épaules (3) d'un opérateur (4), équipée d'un actionneur (6) en traction verticale d'un câble (9) de liaison et de mise en tension différentielle de deux équipements latéraux (10, 11) symétriques par rapport à ladite structure dorsale (2) et munis chacun respectivement de moyens (12) de fixation de façon amovible aux cuisses (13) de l'opérateur. La structure dorsale (2) et les équipements latéraux (10, 11) sont reliés entre eux par une ceinture (17) de liaison agencée pour être maintenue entièrement à distance des lombaires de l'utilisateur et comprend des moyens (19) de renvoi par poulies de l'effort de traction du câble, entre un système de poulies (21) solidaire de la structure dorsale (2) et les équipements latéraux, de transmission de la tension différentielle par le câble aux équipements latéraux pour tirer ou relâcher de façon équilibrée sur les cuisses de l'utilisateur via les moyens (12) de fixation aux dites cuisses.

Figure pour l'abrégié : Fig. 1



FR 3 110 476 - A1



Description

Titre de l'invention : EXOSQUELETTE AMELIORÉ POUR ASSISTANCE AUX EFFORTS VERTICAUX

- [0001] La présente invention concerne le domaine des exosquelettes et plus particulièrement ceux aptes à collaborer avec un utilisateur (ci-après également un opérateur) permettant de soulager les contraintes subies par sa colonne vertébrale lors de déplacement de charges.
- [0002] Il s'agit de systèmes mécatroniques dont les mouvements sont pilotés par ceux d'un opérateur et qui permettent de limiter les efforts exercés sur les vertèbres notamment les vertèbres lombaires de l'opérateur.
- [0003] Ils sont par exemple utilisés pour manipuler des pièces pesantes ou encore pour assister le geste d'un opérateur lors d'une tâche pénible et répétitive, nécessitant une flexion au moins partielle et répétée du dos.
- [0004] On connaît l'utilisation de ceintures lombaires souples ou comprenant des mécanismes améliorant la stabilité de la colonne vertébrale par augmentation de la pression intra-abdominale due à la compression exercée par la ceinture.
- [0005] De tels dispositifs, en général peu encombrants, présentent cependant une gêne certaine à la marche et nécessitent un débrayage pour monter les escaliers.
- [0006] On connaît aussi des exosquelettes munis de moyens moteurs situés de part et d'autre des hanches de l'opérateur et agencés pour assister le redressement du dos de l'opérateur en s'appuyant d'un côté sur les cuisses de ce dernier et en aidant le mouvement de rotation autour de l'axe lombaire de l'autre côté, minimisant ainsi les contraintes en compression sur les disques intervertébraux.
- [0007] Mais outre le fait que ces dispositifs sont encombrants et n'autorisent pas de réglage de la largeur des hanches, ils sont peu souples dès qu'il y a torsion du buste et nécessitent de garder le dos droit (gêne importante en cas de dos rond).
- [0008] L'invention a pour objet de pallier ces inconvénients en fournissant un dispositif du type exosquelette et un procédé d'utilisation d'un tel dispositif répondant mieux que ceux antérieurement connus aux exigences de la pratique notamment en permettant d'apporter efficacement une assistance aux efforts verticaux d'un opérateur, tout en étant robuste et d'un coût raisonnable.
- [0009] L'exosquelette selon l'invention va permettre d'assurer efficacement le transfert d'une charge située devant l'utilisateur, tout en s'adaptant facilement et/ou automatiquement à toutes les morphologies et à toutes les positions de celui-ci. L'opérateur a une excellente sensation de confort autorisée par un dégagement naturel du dos, et l'exosquelette selon l'invention, tout en permettant la marche, autorise des

mouvements de torsion de la colonne vertébrale en minimisant les risques de troubles musculo squelettiques et de fatigue.

[0010] Ainsi, l'invention concerne un dispositif du type exosquelette destiné à assister les efforts verticaux d'un opérateur, centrés ou en torsion.

[0011] Elle concerne également un procédé d'utilisation d'un tel dispositif.

[0012] Dans ce but la présente invention propose notamment un exosquelette comprenant une structure dorsale axiale, fixable de façon amovible aux épaules d'un opérateur, équipée d'un actionneur en traction verticale d'un câble de liaison et de mise en tension différentielle de deux équipements latéraux symétriques par rapport à ladite structure dorsale et munis chacun respectivement de moyens de fixation de façon amovible aux cuisses de l'opérateur,

[0013] la structure dorsale et les équipements latéraux étant reliés entre eux par une ceinture de liaison agencée pour être maintenue entièrement à distance des lombaires de l'utilisateur et comprenant des moyens de renvoi par poulies de l'effort de traction du câble, entre un système de poulies solidaire de la structure dorsale et lesdits équipements latéraux, de transmission de la tension différentielle par ledit câble auxdits équipements latéraux pour tirer ou relâcher de façon équilibrée sur les cuisses de l'utilisateur via les moyens de fixation auxdites cuisses.

[0014] Par structure dorsale axiale, on entend une structure dorsale allongée autour d'un axe sensiblement parallèle à l'axe de la colonne vertébrale.

[0015] Par mise en tension différentielle, le câble étant de longueur constante et fixé de part et d'autre respectivement sur chacun des équipements latéraux, via les moyens de renvoi par poulie, on entend une mise en tension équilibrée de chaque côté quel que soit la position relative en hauteur des dits équipements latéraux par rapport à l'horizontal, ce qui permet le soulagement du dos de l'utilisateur (ou opérateur) en cas de torsion du torse et/ou du bas du dos, et ce quel que soit la position de flexion de ce dernier.

[0016] Avantageusement le système de poulies solidaire de la structure dorsale appartenant aux moyens de renvoi par poulies comprend une poulie centrale attaquant une boucle centrale formée par le câble, et deux premières poulies latérales symétriques par rapport à ladite structure dorsale, chacune formant respectivement un axe de pivotement au niveau des lombaires de l'utilisateur, et en ce que lesdits moyens de renvoi par poulies comprennent de plus deux deuxièmes poulies latérales adjacentes solidaires des équipements latéraux, situées à distance des dites premières poulies et formant axes de pivotement au niveau des hanches.

[0017] Dans le mode de réalisation plus particulièrement décrit les axes de pivotement sont parallèles entre eux et perpendiculaires ou sensiblement perpendiculaires à l'axe de la structure axiale dorsale et/ou l'axe de la colonne vertébrale.

- [0018] Également avantageusement les axes de pivotement au niveau des lombaires sont solidaires de la ceinture et les axes correspondant au niveau des hanches sont solidaires d'un équipement latéral correspondant, lesdits axes étant reliés entre eux par l'intermédiaire d'une pièce allongée.
- [0019] Avantageusement le câble passe en dessous des premières et deuxièmes poulies latérales.
- [0020] L'invention peut être utilisée avantageusement dans les secteurs du BTP (Bâtiments et Travaux Publics) et de tout autre type d'industrie nécessitant la manipulation et le transport de charges (10 à 50 kg) situées devant l'utilisateur.
- [0021] L'exosquelette selon l'invention sera aussi avantageusement utilisé par un opérateur qui, dans le cadre d'un déménagement va devoir prendre des charges de tailles différentes, situées à des distances du sol différentes et placées de façon décalée par rapport aux possibilités d'accès par l'opérateur.
- [0022] Avantageusement l'actionneur en traction verticale comprend un vérin d'actionnement vertical de déplacement d'une poulie centrale supérieure coopérant avec la portion centrale du câble, formant boucle, de liaison et de mise en tension différentielle des deux équipements latéraux.
- [0023] Avantageusement la structure dorsale comporte un élément allongé horizontal de déportement latéral de la direction de l'effort de traction du câble de part et d'autre et symétriquement sur les équipements latéraux.
- [0024] Dans un autre mode de réalisation avantageux l'actionneur en traction verticale comprend une vis à bille et à chemin de câble comportant un écrou et la structure dorsale comporte un chariot différentiel directement en lien avec l'écrou de la vis à bille.
- [0025] Dans des modes de réalisation avantageux, on a par ailleurs et/ou de plus recours à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :
- L'exosquelette comprend des moyens détecteurs du mouvement de l'utilisateur, et des moyens de calcul du couple moteur de l'actionneur en fonction du sinus de l'angle de tangage issu desdits moyens détecteurs. Dans le cas où l'utilisateur plie son thorax, le tangage est alors déterminé par une centrale inertielle en fonction de l'angle formé par le thorax de l'utilisateur avec la verticale. Dans le cas où l'utilisateur garde le dos droit ou sensiblement le dos droit, le tangage est déduit du mouvement des hanches auquel cas il est prévu des dispositifs capteurs comme indiqué ci-après ;
 - les moyens détecteurs du mouvement de l'utilisateur comprennent des moyens de détection du mouvement des hanches de l'utilisateur, agencés pour détecter le mouvement de tangage par rapport à la gravité lors du mouvement vertical de la structure dorsale, comprenant deux potentiomètres chacun associé à une hanche et agencé pour être activé en même temps que l'autre pour renseigner les moyens de

calcul sur ledit mouvement de tangage;

- l'exosquelette comporte de plus deux moteurs d'actionnement respectifs des poulies de renvoi au niveau des hanches de l'utilisateur. Une telle disposition améliore la bonne transmission des efforts ;

- des moyens de détection de l'intention de l'utilisateur sont prévus (par exemple des capteurs piézométriques de contraintes);

- les moyens de détection de l'intention et/ou du mouvement de l'utilisateur, et/ou les moyens d'actionnement de la poulie centrale sont prévus (au moins en partie) dans la ceinture (ou organe) de liaison.

- Les moyens de détection de l'intention et/ou du mouvement sont par exemple formés par un capteur à jauge de contraintes de type connu, convenablement installé et/ou programmé de façon connue en elle-même.

- Des valeurs seuils peuvent être prévues pour éviter les faux ordres et/ou erreurs de manipulation du fait de mouvements trop brusques de l'utilisateur ;

- l'exosquelette comporte de plus deux structures déformables identiques respectivement d'aide au mouvement d'articulation de chacun des genoux par traction par câble;

- chaque structure déformable comprend une chaîne longiligne d'éléments identiques fixés rigidement d'un côté sur un support flexible et reliés entre eux de l'autre côté de façon glissante par un câble fixé à une de ses extrémités à un élément distal de ladite chaîne et agencé pour être actionné à son autre extrémité par un actionneur, ladite structure comportant de plus des moyens de fixation du support flexible de part et d'autre de l'articulation du genoux ;

- les éléments identiques de la chaîne sont des pièces en forme de T dont le pied est fixé sur le support flexible et dont la barre est tubulaire et agencée pour laisser passer le câble, de façon glissante.

[0026] L'invention propose également un procédé de mise en œuvre de l'exosquelette, tel que décrit ci-dessus.

[0027] Elle propose aussi un procédé d'utilisation d'un exosquelette par un utilisateur comprenant une étape de fixation de façon amovible de l'exosquelette sur le dos de l'utilisateur par accrochage d'une structure dorsale axiale appartenant à l'exosquelette aux épaules de l'utilisateur et attache aux cuisses de l'utilisateur de deux équipements latéraux fixés à ladite structure dorsale par le biais d'une ceinture, ladite structure dorsale étant équipée d'un actionneur en traction verticale d'un câble de liaison et de mise en tension différentielle du dit câble fixé de part et d'autre aux dits équipements latéraux, une étape de flexion du buste de l'utilisateur pour prise d'une charge par les mains de l'utilisateur et une étape de relèvement dudit buste de façon assistée par actionnement en traction verticale de l'actionneur avec transmission de la tension diffé-

rentielle par ledit câble auxdits équipements latéraux pour tirer ou relâcher de façon équilibrée sur les cuisses de l'utilisateur via les moyens de fixation auxdites cuisses.

- [0028] Avantageusement, on transmet la traction différentielle aux dits équipements latéraux par des moyens de renvoi de l'effort de traction du câble comprenant une poulie centrale attaquant une boucle centrale formée par le câble et deux jeux de poulies latéraux, comprenant chacun respectivement et de façon symétrique, une première poulie solidaire de la structure dorsale et formant un axe de pivotement au niveau des lombaires de l'utilisateur, et une deuxième poulie de renvoi fixée à l'équipement latéral correspondant, formant axes de pivotement au niveau des hanches.
- [0029] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation donnés ci-après à titre d'exemples non limitatifs et qui sera faite au regard des dessins suivants dans lesquels :
- [0030] [fig.1] est une vue de face schématique d'un opérateur muni d'un exosquelette selon un premier mode de réalisation de l'invention.
- [0031] [fig.2] est une vue arrière partielle en perspective de l'exosquelette selon le mode de réalisation de la [fig.1].
- [0032] [fig.3] est une vue arrière partielle illustrant un deuxième mode de réalisation des moyens de renvoi par poulies selon l'invention.
- [0033] [fig.4] est une vue arrière partielle illustrant un troisième mode de réalisation des moyens de renvoi par poulies selon l'invention.
- [0034] [fig.5] montre une vue arrière partielle illustrant un quatrième mode de réalisation des moyens de renvoi par poulies selon l'invention.
- [0035] [fig.6] montre schématiquement le principe de fonctionnement des moyens de renvoi du mode de réalisation de la [fig.5].
- [0036] [fig.7] est une vue en perspective arrière partielle d'un autre mode de réalisation de l'exosquelette selon l'invention.
- [0037] [fig.8] est un diagramme explicitant les commandes d'un exosquelette selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0038] [fig.9] illustre l'angle de tangage qui est l'un des paramètres utilisés dans le cadre du diagramme de la [fig.8].
- [0039] [fig.10] illustre un autre mode de réalisation du diagramme de la [fig.8].
- [0040] [fig.11] illustre le principe de fonctionnement de la structure déformable complémentaire d'aide au mouvement d'une articulation, selon un autre mode de réalisation de l'exosquelette selon l'invention.
- [0041] [fig.12] montre une telle structure déformable, appliquée à l'articulation du genou.
- [0042] La [fig.1] montre un exosquelette 1 comprenant une structure dorsale 2 axiale (en traits interrompus) fixable de façon amovible aux épaules 3 d'un opérateur 4, de façon connue en elle-même par des bretelles 5.

- [0043] En référence également à la [fig.2], la structure dorsale 2, axiale ou allongée autour d'un axe 2', est équipée d'un actionneur 6, par exemple un piston vertical 7 électrique agencé pour exercer une traction verticale (flèche 8) sur un câble 9, par exemple métallique, de liaison et de mise en tension différentielle de deux équipements latéraux 10 et 11, symétriques par rapport à la structure dorsale axiale 2.
- [0044] Chaque équipement latéral 10 et 11 est respectivement muni de moyens 12 de fixation amovible aux cuisses 13 de l'utilisateur ou opérateur 4.
- [0045] Ces moyens sont formés de pièces ou sangles 14 en forme de crochet, propres à s'appuyer sur l'arrière et/ou sur l'avant de la cuisse, avec laquelle elles sont rendues solidaires par exemple par une sangle frontale 15, permettant une fixation réglable et ajustée au volume de la cuisse.
- [0046] Dans le mode de réalisation plus particulièrement décrit ici, la structure dorsale axiale 2 comprend de plus une partie inférieure 16, par exemple en forme de bande élargie souple, ajustable à la taille de l'opérateur par le biais d'un ceinturon de rattachement des extrémités des bretelles.
- [0047] La structure dorsale et les équipements latéraux 10 et 11 sont par ailleurs reliés entre eux par une pièce ou ceinture 17 de liaison agencée pour être maintenue à distance des lombaires de l'utilisateur, par exemple grâce à un décalage latéral et/ou à une forme adaptée de ladite ceinture 17, en excroissance par rapport au dos de l'utilisateur, et par la partie haute 18 de la structure dorsale, par exemple recourbée vers les épaules 3 de l'utilisateur.
- [0048] Dans le mode de réalisation de la [fig.1], la ceinture 17 comprend un tube horizontal 17' fixé sur une pièce ou bloc de support 17'', par exemple en partie parallélépipédique, lui-même fixé par exemple par rivets sur la face externe de la partie inférieure 16 de la structure dorsale, tube 17' aux extrémités duquel sont fixés les équipements latéraux 10 et 11.
- [0049] La ceinture 17 comprend des moyens 19 de renvoi par poulies de l'effort de traction du câble 9, entre une poulie 20 appartenant au système de poulies 21 solidaires de la structure dorsale 2 et les équipements latéraux 10 et 11.
- [0050] Les moyens 19 de renvoi sont agencés pour transmettre la tension différentielle (flèche 22) aux équipements latéraux par le câble 9, pour tirer ou relâcher de façon équilibrée sur les cuisses de l'utilisateur via les moyens 12 de fixation aux cuisses.
- [0051] Dans le mode de réalisation de la [fig.1] l'exosquelette 1 comprend de plus une structure déformable 23 (schématiquement représentée), actionnée ou relâchée par la traction différentielle d'un câble 24, d'aide au redressement du genou, à l'aide d'un actionneur 25, et qui sera notamment décrit ci-après en référence aux figures 10 et 11.
- [0052] On va maintenant décrire plus précisément en référence à la [fig.2], le mode de réalisation de la structure dorsale 2 de la [fig.1]. Il comprend une pièce axiale 26 par

exemple en fibres renforcées en forme de cuillère, attachée aux bretelles 5.

- [0053] La pièce axiale présente une partie haute ou supérieure 18 en forme de pétale évasée 27 recourbée vers le dos de l'utilisateur, une partie verticale intermédiaire 28 en forme de rectangle, de support du système de poulies 21 et de fixation d'un tube ou élément allongé 29 de déportement latéral de la direction des efforts de traction du câble 9 de part et d'autre et symétriquement sur les deux équipements latéraux 10 et 11.
- [0054] Le système de poulies 21 comprend la poulie centrale 20 supérieure coopérant avec la portion centrale du câble 9, formant boucle et des poulies intermédiaires 30 combinées avec des rainures et/ou poulies de guidage 31 renvoyant le câble 9 latéralement de part et d'autre vers les équipements latéraux au travers du tube 29.
- [0055] Le câble 9 attaque alors verticalement de chaque côté une poulie d'extrémité 32, d'axe 32', parallèle ou confondu avec celui du tube 17', et perpendiculaire à l'axe 2' de la structure dorsale 2.
- [0056] Le câble est ensuite renvoyé par la poulie d'extrémité 32, à une pièce où poulies de pivotement 33, dans la gorge de laquelle il est fixé en 34.
- [0057] Lorsque on exerce une traction 22 sur le câble 9, ou au contraire lorsqu'on relâche ladite traction, la poulie 33 est actionnée en rotation (flèche F) soulageant alors les efforts exercés sur les lombaires de l'opérateur en prenant appui sur les cuisses de ce dernier.
- [0058] On a représenté sur la [fig.3] un autre mode de réalisation du système 21 de poulies solidaires de la structure dorsale 2 de renvoi des efforts de traction vers les équipements latéraux 10 et 11.
- [0059] Ici les poulies intermédiaires 30 ont des axes 30' situés dans le plan horizontal, mais formant un angle alpha, par exemple 30° , par rapport à l'axe 20'', parallèle à l'axe 20' de la poulie 20, perpendiculaire à l'axe 2' dans ledit plan horizontal, permettant ainsi de réorienter la force de traction vers les poulies d'extrémité 32 (ou premières poulies) appartenant aux équipements latéraux, et situées au niveau des articulations des lombaires de l'utilisateur.
- [0060] Les poulies 32 sont d'axe 32' formant à leur tour un angle béta, par exemple de 30° , pour réorienter le câble 9 ensuite rattaché en 34 aux poulies de pivotement 33 d'axe 33' perpendiculaire à l'axe 2'.
- [0061] Dans le mode de réalisation de la [fig.3] (où l'actionneur non représenté se situe derrière la structure dorsale et actionne la poulie centrale 20 via une tige axiale 34 guidée verticalement à frottement au travers d'une fente de guidage 35, pratiquée dans la structure dorsale), la structure dorsale 2 est d'une seule pièce avec la ceinture 17 de liaison avec les équipements latéraux 10 et 11 agencés pour pivoter de façon assistée autour de l'axe 33' des poulies 33.
- [0062] Le câble 9 passe sous les poulies 30, puis sur les poulies 32, puis est rattaché sous la

poulie 33 de sorte que la traction fasse pivoter (flèche F) la poulie 33 dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

- [0063] La [fig.4] montre un autre mode de réalisation d'une partie du système 21 de poulies au niveau de la boucle centrale du câble 9.
- [0064] Ici le système comporte un chariot 36 différentiel qui se déplace verticalement (flèche 37) parallèlement à l'axe 2' de la structure dorsale, la poulie centrale 20 étant d'axe vertical 20'' (et non horizontal comme en référence aux figures 2 et 3).
- [0065] La poulie 20 comprend un écrou 38 monté sur roulement à billes 39 qui tournent autour d'une vis (non représentée) actionnée en rotation par un moteur rotatif (non représenté) de façon connue en elle-même, permettant le mouvement vertical du chariot par rapport à la vis fixée rigidement à la structure dorsale.
- [0066] Deux poulies latérales 39 renvoient le câble verticalement vers les poulies intermédiaires 30 de redirection du câble 9 vers les poulies d'extrémité 32, de façon similaire ou identique à ce qui est décrit en référence à la [fig.3].
- [0067] L'utilisation d'une vis à billes avec écrou permet de créer un mouvement rotatif pour engendrer le déplacement vertical du chariot et évite ainsi l'utilisation d'un piston vertical plus encombrant.
- [0068] Le système de déplacement du chariot tel que décrit dans le document US 2016288319, avec dispositif anti rotation, et incorporé ici par référence, est par exemple utilisable avec l'invention.
- [0069] On a représenté sur la [fig.5] un autre mode de réalisation du système 21 de poulies, utilisable avec un exosquelette selon l'invention particulièrement avantageux.
- [0070] Dans ce mode de réalisation le système de poulies comprend deux premières poulies 40 formant respectivement un premier axe de pivotement 40' au niveau des lombaires de l'utilisateur et les poulies de pivotement 33 ou deuxièmes poulies formant respectivement un deuxième axe de pivotement 33' au niveau des hanches ou de l'articulation des hanches de l'utilisateur.
- [0071] Ces deux jeux de premières et deuxièmes poulies sont chacun solidaire d'une pièce allongée ou platine 41 pivotante par rapport à la ceinture 17 autour des axes 40'.
- [0072] Avantageusement les axes de pivotement 33' et 40' solidaires de la pièce 41 sont parallèles et perpendiculaires à l'axe central 2'.
- [0073] Un pion 42 permet au câble de passer sous la poulie 40 puis de revenir, après passage sur le pion 42, sous la poulie de pivotement 33 à laquelle il est fixé en 34.
- [0074] Dans les modes de réalisation des figures 1 à 3 les poulies 33 sont quant à elles rigidement solidaires en rotation d'une tige 43 agencée pour être sensiblement parallèle et suivre les mouvements de la cuisse à laquelle elle est fixée de façon amovible par le biais de la pièce 14 et de la sangle 15, de façon connue en elle-même (par exemple par lanière auto arrachables du type connu sous la marque Velcro par exemple).

- [0075] On a représenté sur la [fig.6] le principe de fonctionnement de ce mode de réalisation à double articulations, par poulies folles de pivotement au niveau des lombaires (premières poulies 40) et poulies fixées au câble au niveau des hanches d'autre part (deuxièmes poulies 33).
- [0076] Lorsque le câble 9 est tiré vers le haut (flèche 8) l'exosquelette tire le haut du buste de l'opérateur (flèche B), pousse sur les fesses de l'opérateur (flèche C) et tire sur la cuisse arrière (flèche D).
- [0077] Cette combinaison permet le redressement de l'opérateur.
- [0078] Grâce au câble 9, dit câble différentiel, le mouvement relatif des premières et deuxièmes poulies permet une transmission encore plus équilibrée du couple de redressement de l'opérateur, et ce de façon encore plus compensée entre les deux côtés de l'opérateur, s'affranchissant ainsi quasi complètement des mouvements de torsion et ce même en cas de mouvement impliquant un important porte à faux.
- [0079] La [fig.7] montre un autre exemple de réalisation de l'exosquelette selon l'invention comportant des éléments notamment en partie décrits en référence aux figures 4 et 5.
- [0080] L'exosquelette 1 comprend une structure dorsale axiale 2 en une seule pièce (pour sa partie supérieure et sa ceinture inférieure 17), sur laquelle est fixé l'actionneur 6, formé ici et par exemple, par un moteur rotatif 45 actionnant une courroie 46 de mise en rotation de la vis 47 d'actionnement en déplacement vertical du chariot 48 pour mise en tension du câble 9.
- [0081] L'exosquelette 1 comporte des moyens détecteurs 49 fixés à la structure dorsale, agencés pour détecter le mouvement de tangage de l'exosquelette par rapport à la gravité, lors du redressement, ou de l'amorce du redressement vertical de la structure dorsale par l'opérateur.
- [0082] Il comporte également des moyens de calcul 50 du couple moteur de redressement en fonction du sinus de l'angle p de tangage issu des moyens détecteurs comme décrit ci-après.
- [0083] Ces moyens détecteurs comprennent par exemple un accéléromètre et/ou deux potentiomètres 51 chacun associé à une hanche de l'opérateur, et agencé pour être activé en même temps, de façon à renseigner les moyens de calcul sur ledit angle de tangage à partir desdits moyens détecteurs.
- [0084] Avantagusement l'exosquelette comporte de plus des moyens 52 de détection de l'intention de mouvement et/ou du mouvement de l'opérateur, comprenant un capteur à jauges de contrainte de type connu, convenablement installé et/ou programmé de façon connue en elle-même, avec par exemple mise en place de seuils de protection pour se protéger des faux mouvements, par exemple communiquant en wi-fi avec les moyens de calcul et placés sur les cuisses, le dos et/ou les pieds de l'opérateur (non représentés).

- [0085] Dans un mode de réalisation, l'exosquelette comporte aussi des moyens de motorisation des hanches supplémentaires, par adjonction de deux petits moteurs électriques non représentés) connus en eux-mêmes, d'aide à la mise en rotation des poulies 33, pour soulager encore au niveau des hanches et donc aussi des lombaires.
- [0086] On va maintenant décrire un exemple de fonctionnement de l'exosquelette, en référence aux figures 8 et 9.
- [0087] La [fig.8] montre un fonctionnement standard et la [fig.10] un fonctionnement dit en mode squat. Dans le cas de la [fig.8], l'exosquelette est muni par exemple en partie supérieure de moyens de calcul ou contrôleur 60, et d'une centrale inertielle 61 agencée pour transmettre son orientation par rapport à la direction de la gravité terrestre à travers une matrice de rotation.
- [0088] De cette matrice on récupère (ligne 62) le vecteur A de la gravité dans le repère de l'exosquelette, ainsi que le tangage après calcul, selon la matrice dite « roulis-tangage-lacet » et l'angle p de rotation autour d'un axe latéral au repère 3D lié à l'exosquelette.
- [0089] Dans le cas présent cet axe est agencé pour correspondre à l'axe de l'actionneur (sin p) tel que représenté à la [fig.9].
- [0090] Le couple moteur C (bloc 62) produit en un point de la structure par l'actionneur est donné par le produit vectoriel $C = A \times \sin p$.
- [0091] On calcule ainsi le couple moteur de manière à ce que l'assistance de la machine soit proportionnelle à l'effet de la gravité sur les hanches. L'amplitude 63 de ce sinus est déterminée par un utilisateur à travers une méthode de réglage manuel (bloc 64) connue en elle-même.
- [0092] En complément de cette assistance, on peut ajouter une commande dite de « boost » (bloc 65) de manière à accompagner l'utilisateur dans le mouvement qu'il souhaite faire. Ce « boost » modifie l'amplitude du sinus de la commande standard à partir de la vitesse du mouvement de redressement (ligne 66).
- [0093] Cette vitesse est obtenue soit par dérivation dans le calculateur 60 (ligne 66) du tangage obtenu par la centrale inertielle 61, et/ou soit par dérivation de la position angulaire obtenue par les potentiomètres ou le codeur du moteur 45 (voir ci-après).
- [0094] Si la vitesse montre une verticalisation de la machine, l'amplitude du sinus est augmentée de manière à augmenter le couple d'assistance et donc à aider l'utilisateur à se relever, si la vitesse montre une augmentation de l'inclinaison, l'amplitude du sinus est diminuée de manière à diminuer le couple d'assistance pour ne pas freiner l'utilisateur dans son mouvement.
- [0095] On a représenté sur la [fig.10] un mode de fonctionnement complémentaire et/ou alternatif dit en mode squat, c'est-à-dire lorsque l'utilisateur réalise un mouvement en maintenant le dos vertical. En effet dans ce cas-là le mode de commande standard

- n'apporte aucune assistance car la centrale inertielle ne détecte aucun tangage.
- [0096] Dans ce cas, on calcule (bloc 60) à partir de l'encodeur du moteur et des potentiomètres (bloc 70) et en prenant en compte la position moyenne des articulations de hanche, sachant que la position zéro est en position debout, en plus et/ou en substitution des informations de la centrale inertielle, la valeur p à partir des paramètres de la chaîne mécanique de réduction.
- [0097] Ce mode de commande n'est utilisé que dans certains cas, car il peut apporter une assistance non désirable, comme par exemple quand on est assis sur une chaise.
- [0098] Bien évidemment l'assistance de ce mode de réalisation dit « squat » peut également mettre en œuvre la commande « boost » tel que décrite ci-avant en référence à la [fig.8].
- [0099] La [fig.11] montre le principe d'une structure déformable 73 prise en combinaison avec la structure dorsale et le système à poulies décrit ci-dessus, pour former un exosquelette permettant un soulagement des efforts effectués non seulement sur les articulations lombaires et celles des hanches mais également sur celles des genoux.
- [0100] Pour ce faire il est proposé d'utiliser de façon complémentaire une traction sur un câble aidant au redressement et donc soulageant les efforts exercés sur l'articulation des genoux.
- [0101] Plus précisément, le principe est ici d'utiliser de façon complémentaire une chaîne longiligne 74 d'éléments identiques 75 fixés rigidement d'un côté 76 sur un support flexible 77 et reliés entre eux de l'autre côté de façon glissante par un câble 78 passant au travers d'un canal situé dans la partie supérieure des éléments identiques du côté opposé au support.
- [0102] Le câble est fixé à un élément distal 79 de la chaîne et agencé pour être fixé de l'autre côté 80 à des moyens de traction (non représentés) du type de ceux décrits en référence à la [fig.7], par exemple à vis 47.
- [0103] Un tel dispositif permet d'apporter efficacement une assistance aux efforts de mise en tension/relâchement et/ou d'extension/pliage d'une articulation d'un utilisateur, tout en étant robuste et d'un coût raisonnable.
- [0104] Il permet de s'adapter facilement et automatiquement à toutes les morphologies et toutes les positions de l'opérateur, ce qui lui donne ainsi une excellente sensation de confort, tout en minimisant les risques de troubles musculosquelettiques et de fatigue.
- [0105] Dans l'exemple de réalisation décrit ici de façon non limitative, les éléments identiques 75 de la chaîne sont des pièces en forme de T dont les pieds sont fixés sur le support flexible 77 et dont les barres tubulaires des T 82 laissent passer le câble dans un orifice traversant cylindrique, de façon glissante.
- [0106] Le support flexible est par exemple une bande de largeur comprise entre 2 cm et 10 cm, souple et flexible, agencée pour pouvoir s'adapter au mouvement du genou, par

exemple en matière plastique du type PTFE.

- [0107] La [fig.12] montre un dispositif complémentaire 83 comprenant une structure 84 mettant en œuvre le principe décrit ci-dessus, comprenant une bande support 85, la chaîne 86, le câble 78 passant au travers des barres 82 des éléments 75, étant fixé à un élément d'extrémité et à son autre extrémité à des moyens de traction 87 comprenant un moteur rotatif 88 et une vis 89.
- [0108] Le moteur est commandé par des moyens de détection 90, par exemple partagés avec les autres parties de l'exosquelette, des mouvements de l'articulation et des intentions de mouvement de l'opérateur.
- [0109] Le dispositif comporte également des moyens de fixation sur la cuisse et la cheville de l'utilisateur, de façon connue en soi, par exemple par des bandes souples respectivement 91 et 92.
- [0110] On va maintenant décrire le fonctionnement de l'exosquelette par un utilisateur en référence aux figures 1 et 7.
- [0111] L'opérateur 4 met tout d'abord en place l'exosquelette 1 sur ses épaules et fixe les bretelles 5 et la ceinture 16, puis les structures déformables 23 sur ses genoux. Il initialise alors le calculateur, la centrale inertielle, les potentiomètres et l'encodeur du moteur, ce qui peut se faire également automatiquement au moment de la mise sous tension de l'exosquelette.
- [0112] Une fois l'exosquelette opérationnel, il se positionne pour déplacer l'objet à soulever, par exemple de 40 kg, par exemple situé en face de lui.
- [0113] Pour ce faire il plie les genoux et/ou se penche en avant pour saisir la charge.
- [0114] Dès qu'il plie les genoux et/ou plie le thorax, le dispositif de récupération du tangage et/ou de suivi par le biais de la centrale inertielle et/ou des potentiomètres sur les hanches, est mis en œuvre et le calculateur prend en main la commande du moteur.
- [0115] En effet dès qu'il commence à bouger ne serait-ce que de quelques millimètres, pour se baisser et prendre l'objet, l'exosquelette relâche le câble (en débrayant le moteur ou en relâchant le piston) pour lui donner la souplesse nécessaire sous le contrôle des moyens de détection décrits ci-avant.
- [0116] La charge est alors saisie.
- [0117] Lorsque l'opérateur amorce le mouvement de remontée, l'exosquelette réagit en faisant remonter le point central de la boucle, ce qui entraîne une mise en tension sur les poulies 33 et vient aider et/ou soulager les articulations du dos et des hanches.
- [0118] Simultanément, éventuellement en étant reliées et/ou synchronisées avec le câble principal 9, de façon directe et/ou débrayable et/ou par le biais d'un ressort amortisseur, et/ou de façon indépendante par le biais de moteurs dédiés complémentaires, on tire sur les câbles des chaînes 74 des genoux, ce qui a pour effet de rigidifier lesdites chaînes entraînant également le soulagement des différentes arti-

culations sollicitées et plus particulièrement celles des genoux, en participant de façon synergétique au bon fonctionnement de l'ensemble de façon à contribuer au résultat recherché, à savoir d'apporter efficacement une assistance aux efforts verticaux d'un opérateur, tout en étant robuste et d'un coût raisonnable, et ce même en cas de saisine de charges en porte à faux, c'est-à-dire entraînant des mouvements de torsion du thorax et/ou des genoux pour se saisir de la charge.

[0119] La centrale inertielle et/ou les potentiomètres, et le moteur sont informés du tangage et permettent au calculateur d'adapter les efforts de traction sur les câbles pour permettre à l'opérateur de se relever sans effort avec la charge.

[0120] Il peut ensuite se déplacer sans difficulté et notamment sans être encombré, et replacer la charge à l'endroit de sa destination, l'exosquelette étant utilisé de façon symétrique et différentielle entre les deux côtés du corps de l'opérateur ce qui limite considérablement les contraintes qui seraient autrement exercées de façon déséquilibrée sur les articulations du dos, des hanches ou des genoux de l'utilisateur.

[0121] Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs de ce qui précède la présente invention ne se limite pas aux modes de réalisation plus particulièrement décrits mais en embrasse au contraire toutes les variantes.

Revendications

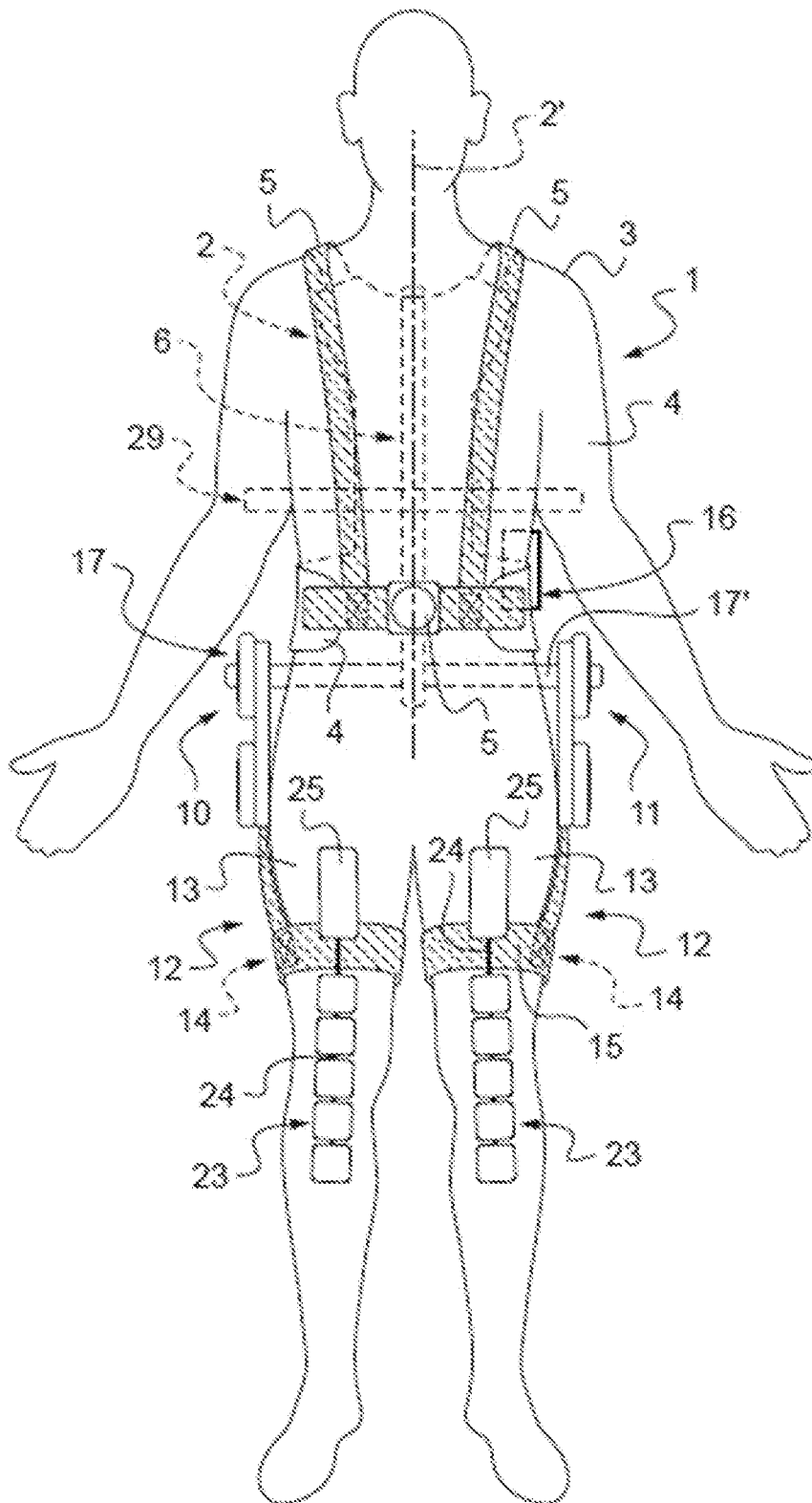
- [Revendication 1] Exosquelette (1) comprenant une structure dorsale (2) axiale, fixable de façon amovible aux épaules (3) d'un opérateur (4), équipée d'un actionneur (6) en traction verticale d'un câble (9) de liaison et de mise en tension différentielle de deux équipements latéraux (10, 11) symétriques par rapport à ladite structure dorsale (2) et munis chacun respectivement de moyens (12) de fixation de façon amovible aux cuisses (13) de l'opérateur, la structure dorsale (2) et les équipements latéraux (10, 11) étant reliés entre eux par une ceinture (17) de liaison agencée pour être maintenue entièrement à distance des lombaires de l'utilisateur et comprenant des moyens (19) de renvoi par poulies de l'effort de traction du câble, entre un système de poulies (21) solidaire de la structure dorsale (2) et lesdits équipements latéraux, de transmission de la tension différentielle par ledit câble auxdits équipements latéraux pour tirer ou relâcher de façon équilibrée sur les cuisses de l'utilisateur via les moyens (12) de fixation auxdites cuisses.
- [Revendication 2] Exosquelette (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le système de poulies (21) solidaire de la structure dorsale appartenant aux moyens de renvoi par poulies comprend une poulie centrale (20) attaquant une boucle centrale (9) formée par le câble, et deux premières poulies (40) latérales symétriques par rapport à ladite structure dorsale, chacune formant respectivement un axe de pivotement (40') au niveau des lombaires de l'utilisateur, et en ce que lesdits moyens (19) de renvoi par poulies comprennent de plus deux deuxièmes poulies (33) latérales adjacentes solidaires des équipements latéraux, situées à distance des dites premières poulies et formant axes de pivotement (33') au niveau des hanches.
- [Revendication 3] Exosquelette selon la revendication 2, caractérisé en ce que les axes de pivotement (40') sont parallèles entre eux et perpendiculaires ou sensiblement perpendiculaires à l'axe de la colonne vertébrale.
- [Revendication 4] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que les axes de pivotement (40') au niveau des lombaires sont solidaires de la ceinture (17) et les axes (33') correspondant au niveau des hanches sont solidaires d'un équipement latéral (10, 11) correspondant, lesdits axes étant reliés entre eux par l'intermédiaire d'une pièce allongée (41).
- [Revendication 5] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, ca-

- ractérisé en ce que le câble passe en dessous des premières (40) et deuxièmes (33) poulies latérales.
- [Revendication 6] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'actionneur (6) en traction verticale comprend un vérin d'actionnement vertical de déplacement d'une poulie centrale (20) supérieure coopérant avec la portion centrale du câble, formant boucle, de liaison et de mise en tension différentielle des deux équipements latéraux.
- [Revendication 7] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la structure dorsale (2) comporte un élément allongé (29) horizontal de déportement latéral de la direction de l'effort de traction du câble de part et d'autre et symétriquement sur les équipements latéraux.
- [Revendication 8] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'actionneur en traction verticale comprend une vis à bille et à chemin de câble comportant un écrou (38) et la structure dorsale comporte un chariot (36) différentiel directement en lien avec l'écrou de la vis à bille.
- [Revendication 9] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte de plus deux structures déformables (23) identiques respectivement d'aide au mouvement d'articulation de chacun des genoux de l'utilisateur par traction par câble.
- [Revendication 10] Exosquelette selon la revendication 9, caractérisé en ce que chaque structure déformable (23) comprend une chaîne (86) longiligne d'éléments (75) identiques fixés rigidement d'un côté sur un support flexible (85) et reliés entre eux de l'autre côté de façon glissante par un câble (78) fixé à une de ses extrémités à un élément distal de ladite chaîne et agencé pour être actionné à son autre extrémité par un actionneur, ladite structure comportant de plus des moyens (91, 92) de fixation du support flexible de part et d'autre de l'articulation du genoux.
- [Revendication 11] Exosquelette selon la revendication 10, caractérisé en ce que les éléments (75) identiques de la chaîne sont des pièces en forme de T dont le pied est fixé sur le support flexible et dont la barre est tubulaire et agencée pour laisser passer le câble, de façon glissante.
- [Revendication 12] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (90) détecteurs du mouvement de l'utilisateur, et des moyens de calcul (60) du couple

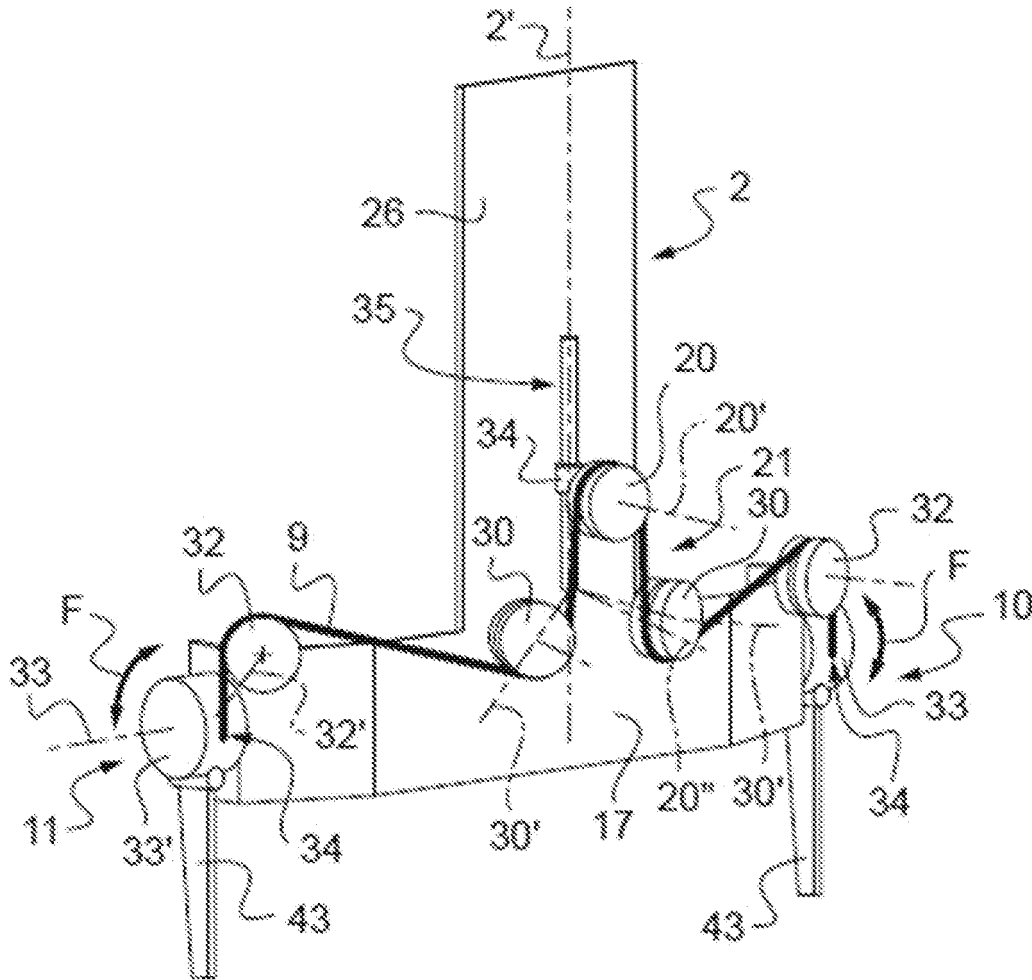
- moteur de l'actionneur en fonction du sinus de l'angle de tangage issu desdits moyens détecteurs.
- [Revendication 13] Exosquelette selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens (90) détecteurs du mouvement de l'utilisateur comprennent des moyens (49) de détection du mouvement des hanches de l'utilisateur, agencés pour détecter le mouvement de tangage par rapport à la gravité lors du mouvement vertical de la structure dorsale (2), comprenant deux potentiomètres (51) chacun associé à une hanche et agencé pour être activés en même temps pour renseigner les moyens (50, 60) de calcul sur ledit mouvement de tangage.
- [Revendication 14] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (52) détecteurs de l'intention de l'utilisateur par capteurs à jauge de contraintes installé et/ou programmé pour optimiser le soulagement de l'utilisateur.
- [Revendication 15] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte de plus deux moteurs d'actionnement respectifs des poulies de renvoi au niveau des hanches de l'utilisateur.
- [Revendication 16] Exosquelette selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que les moyens (90) de détection de l'intention et/ou du mouvement de l'utilisateur, et/ou les moyens (6) d'actionnement de la poulie centrale sont prévus dans la ceinture (17) de liaison.
- [Revendication 17] Procédé d'utilisation d'un exosquelette (1) par un utilisateur (4) comprenant
- une étape de fixation de façon amovible de l'exosquelette (1) sur le dos de l'utilisateur (4) par accrochage d'une structure dorsale (2) axiale appartenant à l'exosquelette aux épaules (3) de l'utilisateur et attache aux cuisses (13) de l'utilisateur de deux équipements (10, 11) latéraux fixés à ladite structure dorsale (2) par le biais d'une ceinture (17), ladite structure dorsale étant équipée d'un actionneur (6) en traction verticale d'un câble (9) de liaison et de mise en tension différentielle du dit câble fixé de part et d'autre aux dits équipements (10, 11) latéraux,
 - une étape de flexion du buste de l'utilisateur (4) pour prise d'une charge par les mains de l'utilisateur et
 - une étape de relèvement dudit buste de façon assistée par actionnement en traction verticale de l'actionneur (6) avec transmission de la tension différentielle par ledit câble (9) auxdits équipements latéraux (10, 11) pour tirer ou relâcher de façon équilibrée sur les cuisses (13) de l'utilisateur via les moyens (12) de fixation auxdites cuisses.

[Revendication 18] Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que on transmet la traction différentielle aux dits équipements (10, 11) latéraux par des moyens (19) de renvoi de l'effort de traction du câble (9) comprenant une poulie (20) centrale attaquant une boucle centrale formée par le câble (9) et deux jeux de poulies (33, 40) latéraux, comprenant chacun respectivement et de façon symétrique, une première poulie (40) solidaire de la structure dorsale et formant un axe (40') de pivotement au niveau des lombaires de l'utilisateur, et une deuxième poulie (33) de renvoi fixée à l'équipement latéral (10, 11) correspondant, formant axes (33') de pivotement au niveau des hanches.

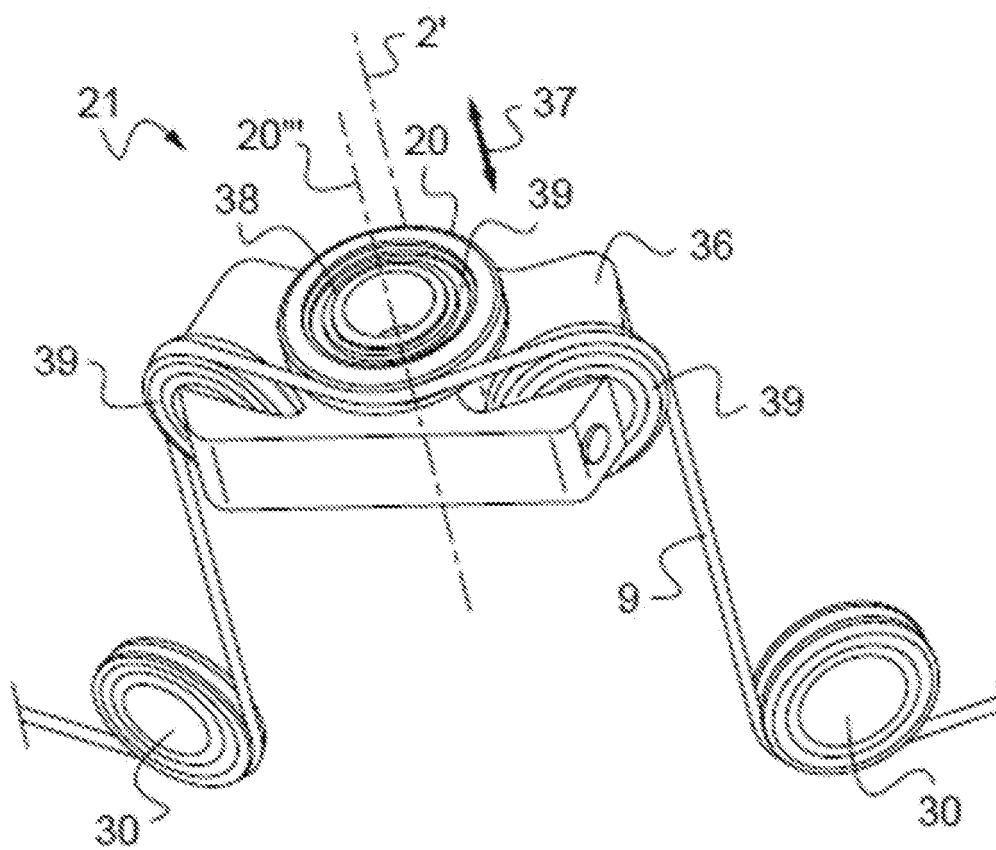
[Fig. 1]



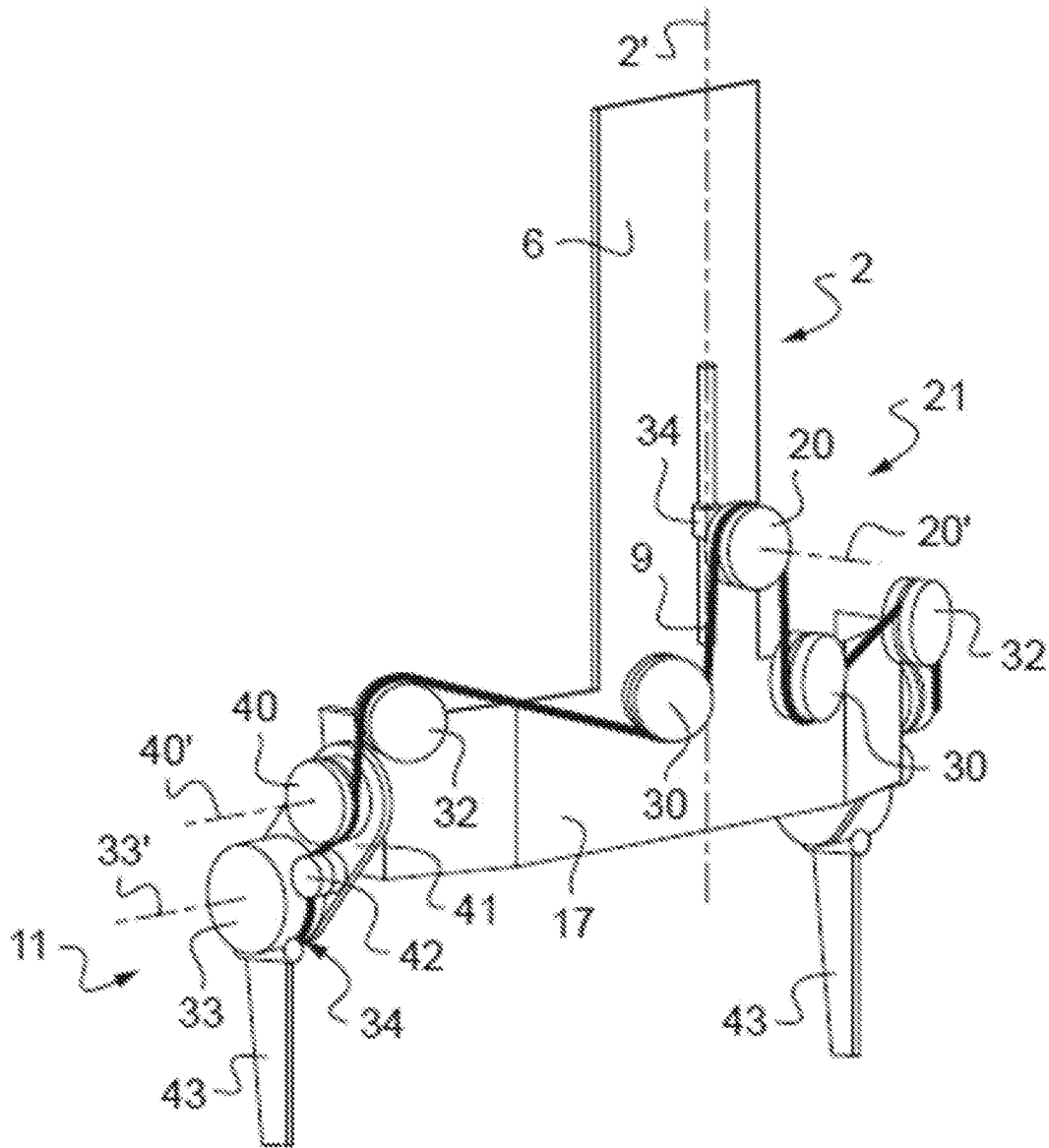
[Fig. 3]



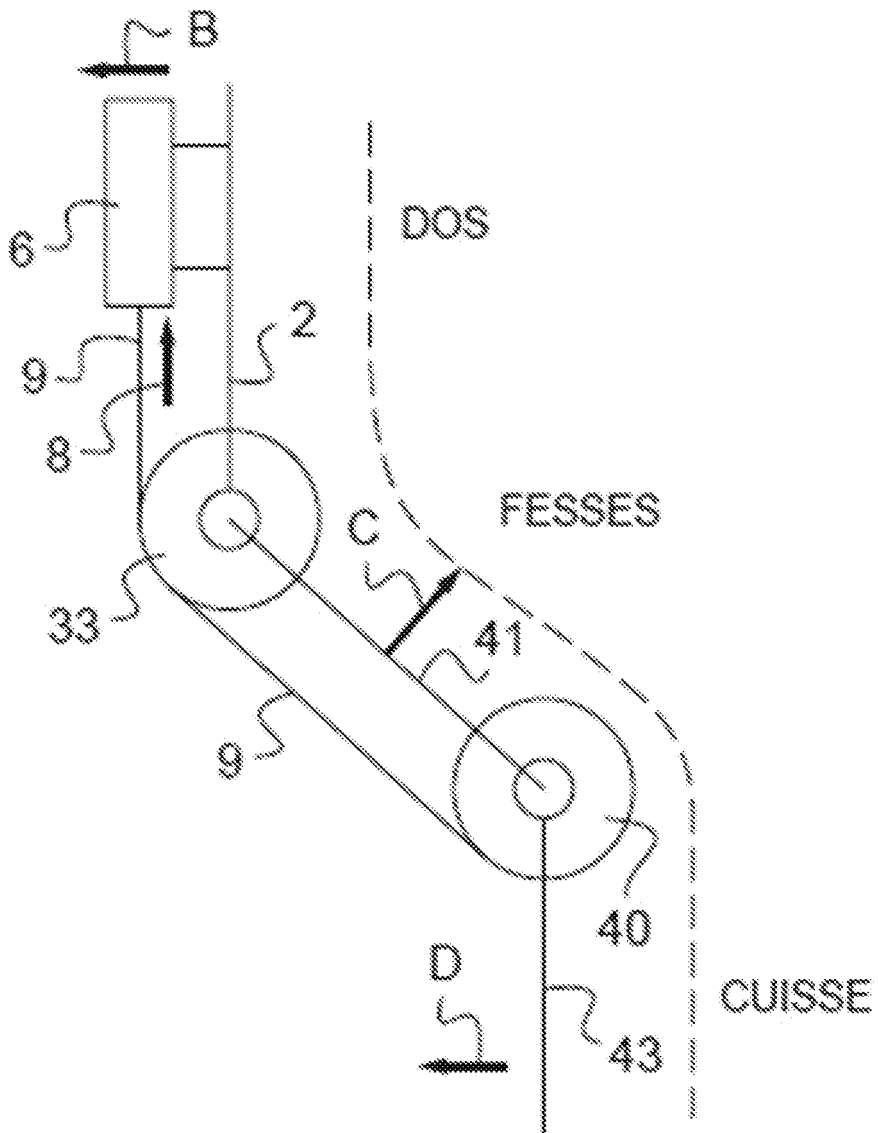
[Fig. 4]



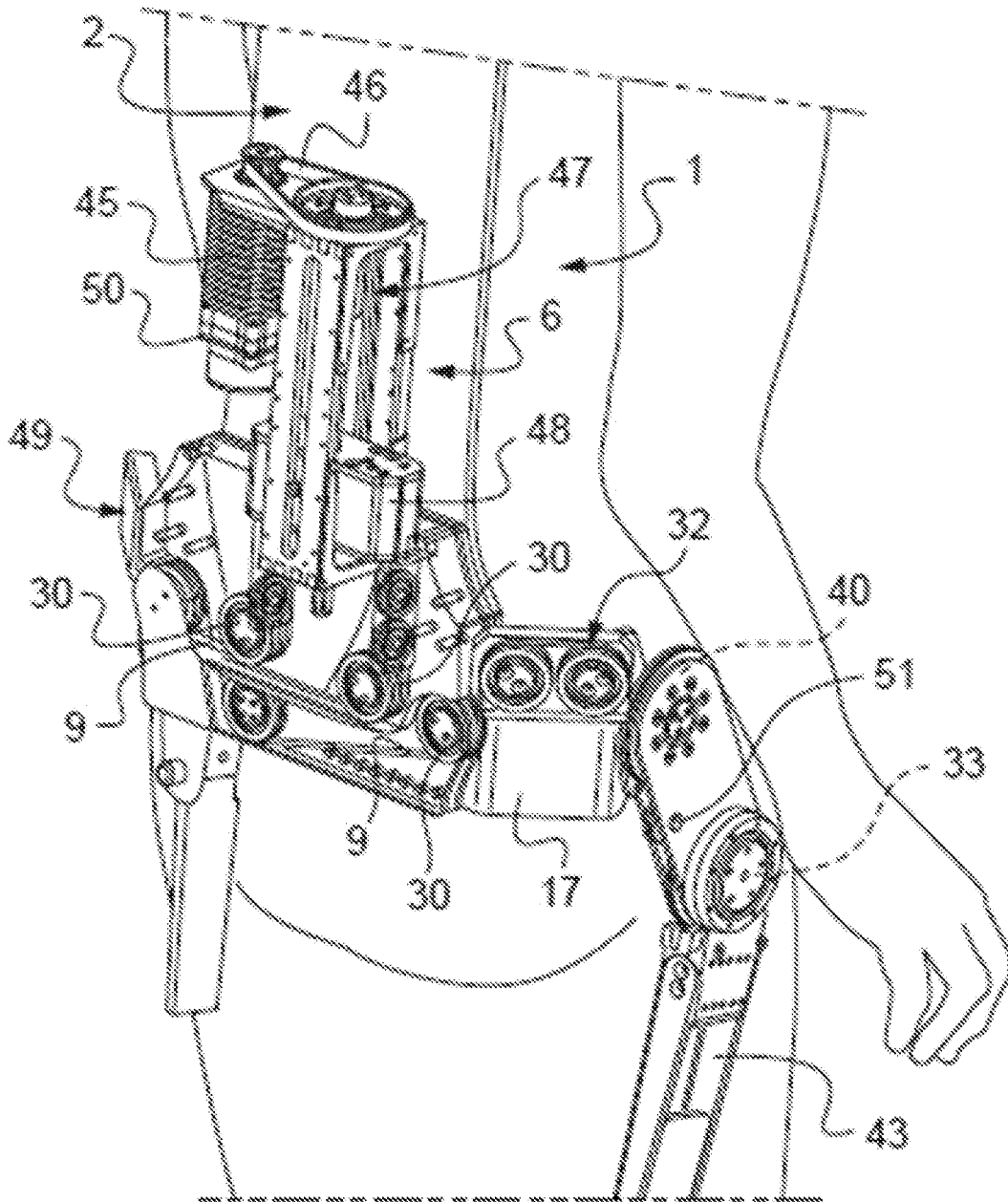
[Fig. 5]



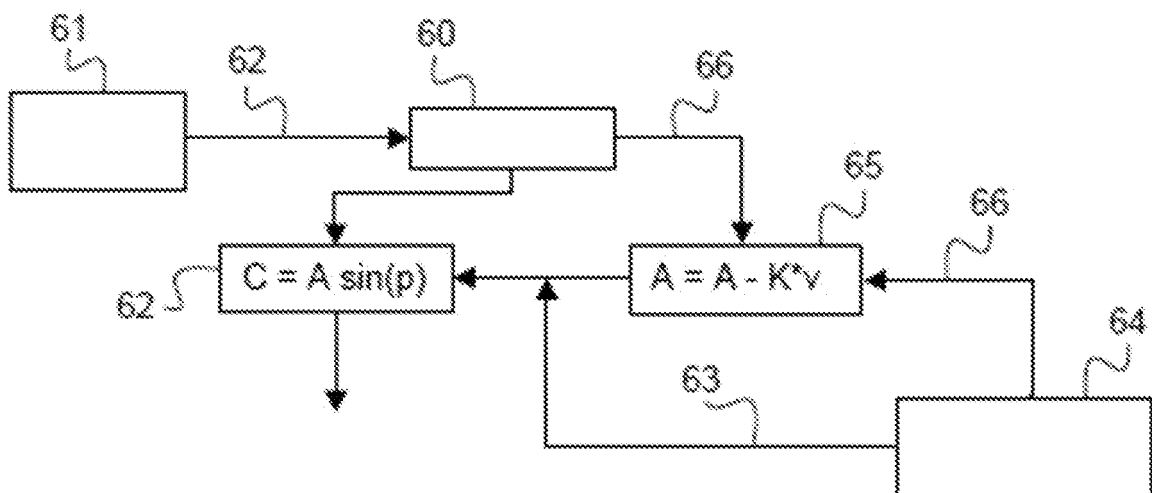
[Fig. 6]



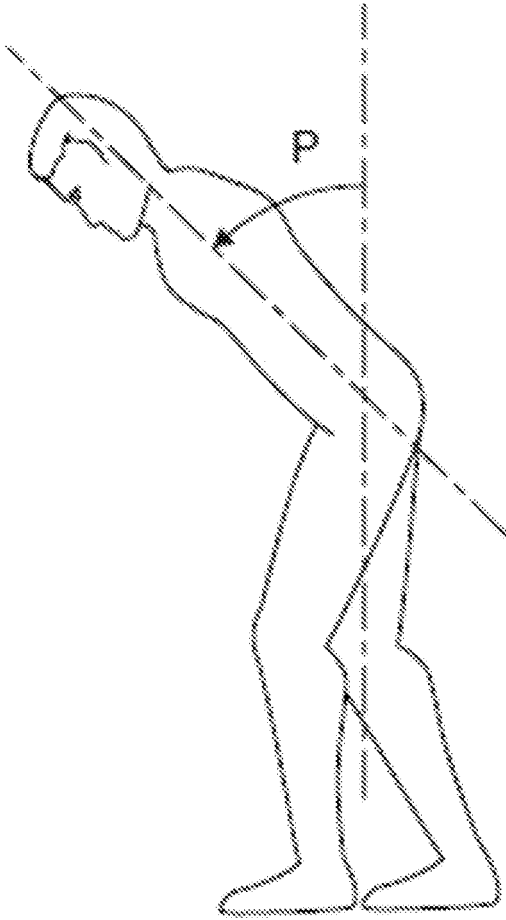
[Fig. 7]



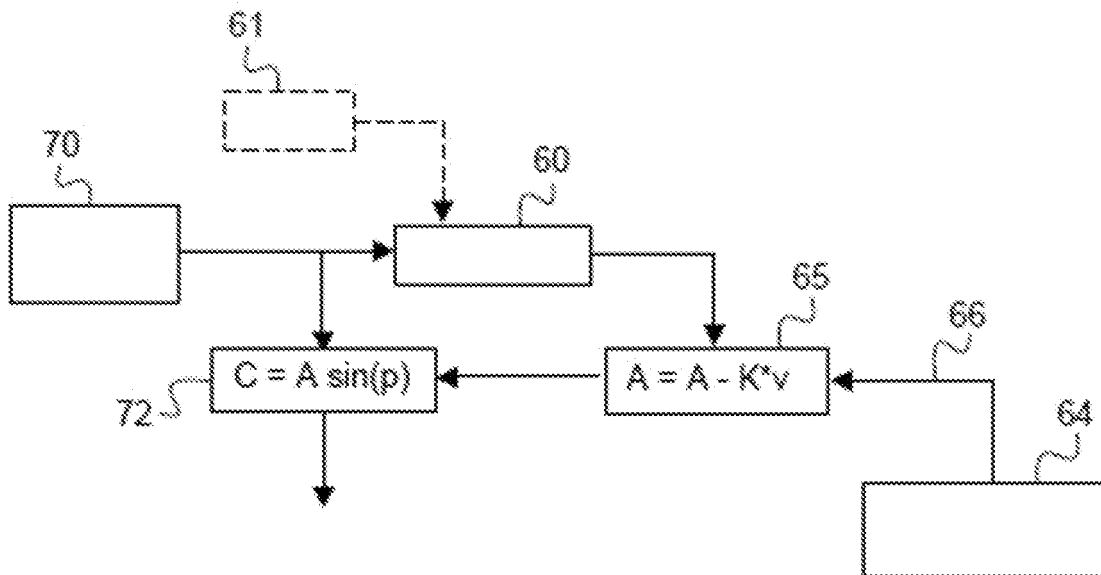
[Fig. 8]



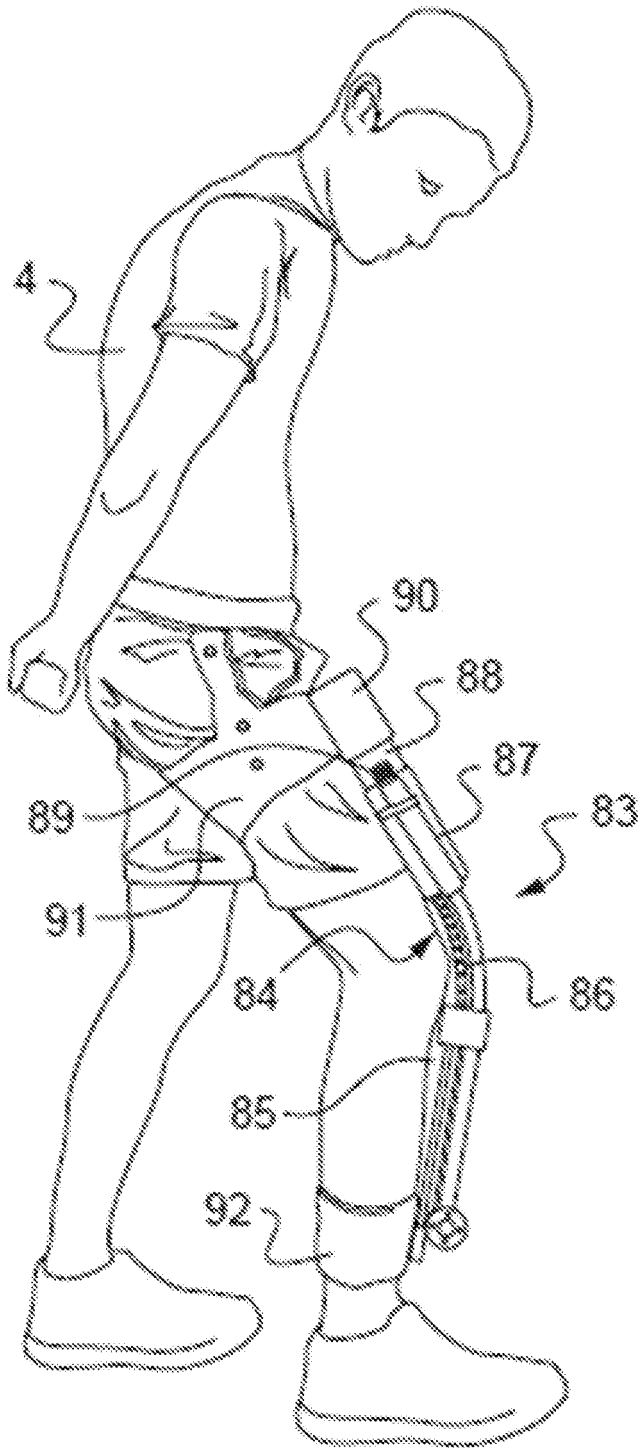
[Fig. 9]



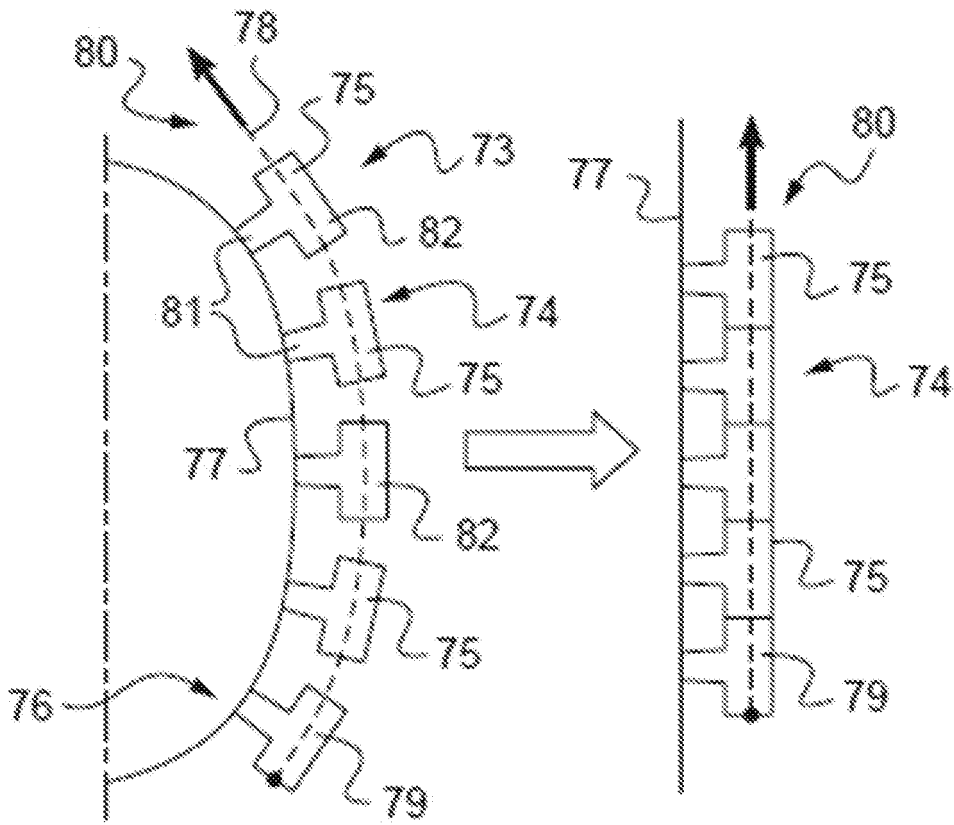
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 882710
FR 2005402

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		
A	DE 10 2017 129021 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]; KIA MOTORS CORP [KR]) 10 janvier 2019 (2019-01-10) * alinéas [0046] - [0071] * * figures 1-3,4A,4B *	1-18	B25J9/00 B65G7/12
A	US 2014/330431 A1 (HOLLANDER KEVIN [US] ET AL) 6 novembre 2014 (2014-11-06) * alinéas [0035] - [0043], [0052], [0060]; figures 3,6a,6b *	1-18	
A	WO 2019/120760 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 27 juin 2019 (2019-06-27) * le document en entier *	1-18	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B25J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 février 2021		Grenier, Alain	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2005402 FA 882710**

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 **04-02-2021**

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
DE 102017129021 A1	10-01-2019	CN 109202863 A	15-01-2019
		DE 102017129021 A1	10-01-2019
		US 2019009405 A1	10-01-2019

US 2014330431 A1	06-11-2014	AUCUN	

WO 2019120760 A1	27-06-2019	FR 3075914 A1	28-06-2019
		WO 2019120760 A1	27-06-2019
