

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
16 août 2012 (16.08.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/107700 A2

- (51) Classification internationale des brevets :
A61H 3/00 (2006.01) *A61H 3/04* (2006.01)
G06F 19/00 (2011.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050297
- (22) Date de dépôt international :
10 février 2012 (10.02.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1151065 10 février 2011 (10.02.2011) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **RISE BA** [FR/FR]; route de Chavagne, F-35310 Mordelles (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **THOME, Jean-Luc** [FR/FR]; 24 rue Condate, F-35760 Saint Gregoire (FR). **CAVEROT, Guy** [FR/FR]; 13 rue Demozay, F-44300 Nantes (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g))
- (74) Mandataire : **ERMENEUX, Bertrand**; Avoxa, 5 allée Ermengarde d'Anjou, ZAC Atalante Champeaux - CS 40824, F-35108 Rennes cedex 3 (FR).

(54) Title : DEVICE FOR AUTONOMOUS RETRAINING IN WALKING

(54) Titre : DISPOSITIF DE RÉÉDUCATION AMBULATOIRE AUTONOME

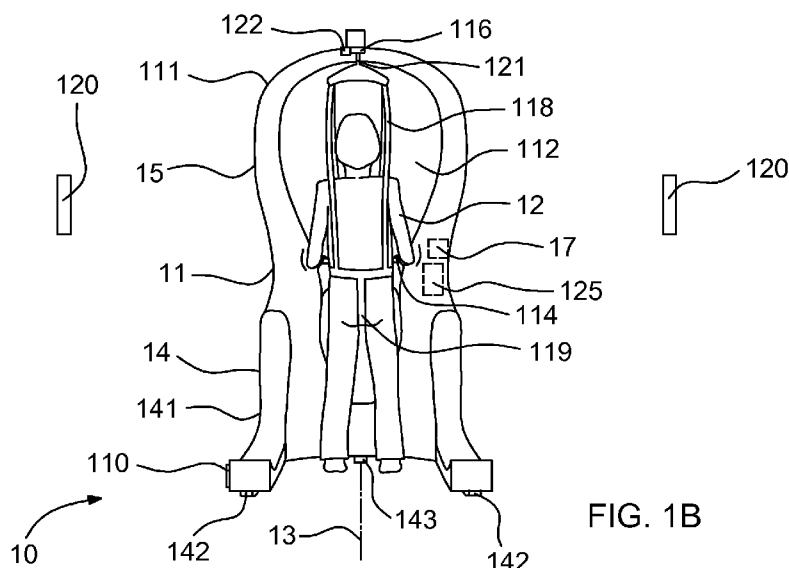


FIG. 1B

(57) Abstract : The invention relates to a device (10) for retraining in walking, comprising a mobile structure (11) for helping an individual to exercise at least one walking movement, and having means for supporting said individual. According to the invention, said mobile structure (11) comprises a motorized carriage (14) with automatic guidance.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif de rééducation ambulatoire (10) comprenant une structure mobile (11) d'assistance d'un individu dans l'exercice d'au moins un mouvement de la marche présentant des moyens de soutien dudit individu. Selon l'invention, ladite structure mobile (11) comprend un chariot motorisé à guidage automatique (14).



WO 2012/107700 A2

Dispositif de rééducation ambulatoire autonome

1. Domaine de l'invention

Le domaine de l'invention est celui de la kinésithérapie.

Plus précisément, l'invention concerne un dispositif autonome de
5 rééducation ambulatoire.

Le dispositif selon l'invention convient notamment pour la rééducation fonctionnelle des personnes victimes d'un accident neurologique aigu, par exemple d'un accident vasculaire cérébral, d'un traumatisme crânien ou présentant une lésion médullaire incomplète, et des personnes souffrant de
10 pathologies neurologiques chroniques évolutives telles que la sclérose en plaques ou la maladie de Parkinson.

2. Etat de la technique

De nombreuses études médicales, s'appuyant notamment sur des observations du cortex cérébral, ont mis en évidence l'effet bénéfique d'un
15 programme de rééducation de la marche chez des personnes victimes d'un accident vasculaire cérébral, ou chez des personnes souffrant d'une sclérose en plaques ou de la maladie de Parkinson ...

Ces études font en effet état d'une stimulation de la plasticité cérébrale se manifestant par une réorganisation des réseaux de neurones, qui permet à
20 ces personnes invalides de récupérer au moins une partie des fonctions motrices de la marche qui ont été altérées, et donc de regagner une certaine autonomie.

Une rééducation convenable de la marche suppose de faire reproduire à un patient un ensemble varié de mouvements de la marche de façon
25 précise, en respectant le rythme physiologique de la marche.

On distingue généralement les phases précoces de rééducation de la marche, pendant lesquelles on exerce le patient à répéter plusieurs fois le ou les mêmes mouvements à une vitesse appropriée pour lui permettre de retrouver l'automatisme de la marche, et les phases de rééducation de la
30 marche plus avancées, au cours desquelles le patient s'entraîne

progressivement à exécuter des séquences de mouvement de plus en plus complexes et dont le rythme d'exécution varie.

Les mouvements reproductibles par un patient dépendant étroitement de sa capacité motrice, il est nécessaire au moins dans les premières phases
5 de rééducation, de réduire les contraintes posturales pour aider le patient à mobiliser sa motricité résiduelle.

Lors d'une séance de rééducation de la marche, il est donc courant de suspendre le patient, ou tout du moins de soutenir le bassin ou le tronc d'un patient avec un harnais afin de ne pas faire porter tout le poids du corps sur
10 les jambes.

On connaît des techniques de rééducation dans lesquelles le patient s'exerce aux mouvements de la marche sans avancer, soutenu par un harnais suspendu à un portique fixe.

Une technique connue de rééducation de la marche sans avancer
15 consiste à faire marcher le patient sur un tapis roulant.

Pour aider le patient à déplacer ses jambes et ses pieds et contrôler leurs mouvements sur le tapis roulant, il est connu de faire intervenir un ou plusieurs thérapeutes.

Cette intervention demande cependant un effort physique important
20 aux thérapeutes.

Par ailleurs, mobiliser des thérapeutes pendant tout un programme de rééducation pour assister un patient à réaliser des pas présente l'inconvénient d'être très coûteux.

Afin de remédier à ces inconvénients, on a proposé des mécanismes
25 d'entraînement motorisé des jambes et/ou des pieds du patient.

On a par exemple pensé à équiper chaque jambe d'un patient d'une orthèse fonctionnelle formant un exosquelette, pour guider son mouvement sur le tapis roulant.

Un inconvénient de cette technique mettant en œuvre un exosquelette
30 est qu'elle demande un effort important au patient, et qu'elle ne peut donc

être pratiquée qu'avec des sujets présentant une bonne santé cardio-vasculaire.

Un autre inconvénient de cette technique connue est que la pose ou le retrait d'un exosquelette est une opération longue.

- 5 Encore un inconvénient de cette technique est qu'elle peut ne pas convenir à des patients âgés, qui sont plus réticents à accepter une technologie nouvelle.

On connaît également une technique d'entraînement des pieds d'un patient suspendu à un portique fixe selon un mouvement de "pédalage
10 elliptique".

Un inconvénient commun à ces techniques connues de rééducation de la marche sans avancer, est que la dynamique de la marche sur tapis roulant, ou en utilisant un appareil entraînant les pieds d'un patient dans un mouvement de pédalage elliptique, est différente de celle sur le sol. Les
15 informations proprioceptives reçues par le système nerveux central du patient lors de séances de rééducation recourant à ces techniques connues sont donc insuffisantes pour permettre une rééducation complète des fonctions de la marche.

Un autre inconvénient commun à ces techniques de rééducation de la
20 marche sans avancer, est qu'elles ne permettent pas d'exercer le patient à marcher sur des surfaces présentant du relief.

Encore un inconvénient de ces techniques connues est qu'elles ne permettent pas au patient d'effectuer des mouvements hors du plan sagittal, ou en d'autres termes d'exercer le patient à changer de direction, ou à
25 tourner sur lui-même. Elles se limitent au contraire à répéter quelques séries de mouvements peu variés.

Un autre inconvénient des techniques connues de rééducation sans avancer est qu'il faut prévoir une durée conséquente pour installer le patient avant de débiter une séance de rééducation.

En tout état de cause, ces techniques de rééducation de la marche sans avancer sont principalement dévolues aux phases précoces de rééducation.

Il existe donc une demande pour des solutions de rééducation de la
5 marche permettant à un patient de se déplacer sur le sol, et en particulier pour des solutions permettant à un patient ayant atteint une phase de rééducation avancée de s'exercer à marcher de manière volontaire sur le sol, ou en d'autres termes à la marche naturelle, en toute sécurité.

On a proposé de soutenir une personne par un harnais suspendu à une
10 navette guidée sur un rail ou un câble, pour lui permettre de progresser sur le sol.

Un inconvénient de cette technique de progression guidée est que le coût de l'aménagement d'un circuit de rééducation est important.

Un autre inconvénient de cette technique est qu'elle est encombrante.

15 Cette technique de progression guidée a encore pour inconvénients que le parcours effectué par le patient en suivant le rail ou le câble est figé, et qu'elle ne permet pas de faire pivoter le patient sur lui-même.

On a également proposé un déambulateur motorisé qui permet de soutenir un patient non autonome et de l'aider à se déplacer sur le sol, après
20 avoir équipé ses jambes d'électrodes pour provoquer leur détente via des stimulations électriques et d'un exosquelette pour guider leur mouvement.

Cette technique mettant en œuvre un déambulateur motorisé ne convient cependant que dans les phases précoces de la rééducation de la marche. Notamment, elle ne permet pas au patient de s'exercer à marcher
25 par lui-même.

Cette technique présente en outre l'inconvénient d'être complexe.

Un autre inconvénient de cette technique est qu'elle ne permet pas de contrôler simplement la trajectoire du patient. Elle ne permet pas non plus au patient de se diriger par lui-même.

30 Encore un inconvénient de cette technique est qu'elle ne permet pas d'adapter la vitesse de progression du déambulateur au rythme du patient,

dans le cas par exemple où celui-ci ressent des douleurs articulaires ou se fatigue rapidement.

3. Objectifs de l'invention

L'invention a donc notamment pour objectif de pallier les inconvénients de l'état de la technique cités ci-dessus.

Plus précisément l'invention a pour objectif de fournir un dispositif de rééducation ambulatoire qui permette à un patient ayant perdu l'autonomie de la marche de s'exercer à pratiquer chacun des mouvements de la marche, et en particulier à changer de direction ou à pivoter sur lui-même.

L'invention a notamment pour objectif d'exercer un patient aux mouvements de la marche en situation ambulatoire et sur des sols de nature variée.

Un objectif de l'invention est également, dans au moins un mode de réalisation de l'invention, de permettre au patient de se diriger par lui-même.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle technique qui puisse assurer une rééducation progressive et/ou graduelle d'un patient, et qui puisse être mise en œuvre aussi bien dans des phases précoces de rééducation que dans des phases plus avancées.

Notamment dans au moins un mode de réalisation particulier de l'invention, l'invention a pour objectif de fournir une telle technique qui permette de mettre en œuvre des scénarios thérapeutiques inédits, conçus autour d'exercices diversifiés et complémentaires.

Encore un objectif de l'invention est de fournir une telle technique qui permette d'adapter le niveau d'assistance apporté au patient.

Encore un autre objectif de l'invention est de proposer une telle technique qui soit peu encombrante.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une telle technique qui puisse être mise en œuvre dans un cabinet médical de ville, au domicile d'un patient, et/ou à l'extérieur.

L'invention a également pour objectif de fournir une telle technique dont l'usage soit simple et acceptable pour un patient et/ou un thérapeute.

Encore un objectif de l'invention est de fournir une telle technique qui soit fiable, sûre et sans danger pour un patient.

4. Exposé de l'invention

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite sont
5 atteints à l'aide d'un dispositif de rééducation ambulatoire comprenant une structure mobile d'assistance d'un individu, et notamment d'un patient non autonome, dans l'exercice d'au moins un mouvement de la marche présentant des moyens de soutien dudit individu.

Dans le cadre de l'invention, on entend par le terme soutien que
10 l'individu peut être porté complètement par la structure, à laquelle il peut par exemple être suspendu, mais il peut également s'agir d'un soutien partiel permettant d'alléger le poids du corps portant sur les jambes seulement en partie, ou encore d'un soutien uniquement en cas de chute ou de déséquilibre de l'individu.

15 Selon l'invention, ladite structure mobile comprend un chariot motorisé à guidage automatique.

Ainsi, de façon inédite, l'invention propose de mettre en oeuvre un chariot motorisé à guidage automatique pour accompagner et sécuriser un individu non autonome en cours de rééducation dans sa progression sur le
20 sol, et lui permettre de s'exercer à la marche naturelle volontaire.

Il convient de noter que dans le cadre de l'invention, on entend par le qualificatif de guidage automatique, que le chariot est apte à se déplacer sur un parcours prédéfini sans l'intervention de l'individu rééduqué ou d'un tiers.

Grâce au guidage automatique, on peut ainsi programmer des séances
25 de rééducation variées, en faisant varier la direction et la vitesse de déplacement sur des parcours diversifiés, d'une façon particulièrement simple.

Par ailleurs un chariot motorisé à guidage automatique étant autonome dans ses déplacements, le patient ou le thérapeute n'ont pas à intervenir pour pousser ou diriger le chariot.

30 De façon avantageuse, lesdits moyens de soutien comprennent un harnais de soutien apte à enserrer au moins une portion du tronc dudit

individu, de préférence une portion du bassin dudit individu, ledit harnais étant solidarisé à un support déformable monté mobile par rapport au bâti de ladite structure.

Il peut par exemple être prévu que le harnais de soutien enserre le bassin et/ou la ceinture pelvienne de l'individu.

Par ailleurs, on peut adapter le niveau de soutien de l'individu en faisant varier la position verticale du support déformable mobile. Par exemple, dans les phases précoces de rééducation, le patient peut être suspendu à la structure qui supporte alors tout son poids, puis au fur et à mesure des progrès du patient, on peut prévoir de diminuer progressivement le soutien apporté par le harnais au patient, en abaissant le support mobile.

De plus, un support déformable permet notamment d'améliorer le soutien latéral du patient et de prévenir un déséquilibre de celui-ci.

Selon un aspect particulier de l'invention, ledit support déformable comprend au moins un bras omnidirectionnel solidarisé à une sangle de liaison avec ledit harnais.

On peut ainsi tendre la sangle dans toutes les directions, ce qui permet de soutenir le patient efficacement lors de ses mouvements.

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux de l'invention, ledit support déformable comprenant deux bras, chacun desdits bras est actionné par un moteur distinct.

On peut ainsi actionner indépendamment les deux bras.

Avantageusement, ledit support déformable est fixé à une extrémité d'un câble d'un treuil.

On dispose ainsi d'une solution particulièrement simple pour faire descendre ou monter le support déformable.

Préférentiellement, un dispositif de rééducation ambulatoire tel que ceux décrits ci-dessus comprend des moyens de contrôle de l'équilibre dudit individu agissant sur un moteur d'actionnement dudit treuil et/ou sur ledit support déformable, comprenant des moyens de détection d'une variation de

la puissance électrique absorbée par ledit moteur et des moyens de mesure d'un déplacement horizontal dudit câble.

On peut ainsi maintenir simplement et efficacement l'équilibre du patient, sans l'équiper d'une instrumentation complexe, ce qui permet de
5 gagner du temps et améliore le confort du patient et du personnel médical en charge de la rééducation du patient.

Dans au moins un mode de réalisation particulier de l'invention, un dispositif de rééducation ambulatoire tel que ceux décrits précédemment comprend :

- 10 - des moyens d'obtention d'au moins une information représentative de l'intensité et/ou de la direction de l'effort exercé par ledit individu sur un élément de préhension solidarisé à ladite structure ;
- des moyens de délivrance d'un signal comprenant ladite ou lesdites informations.
- 15 - des moyens de génération d'une consigne de variation de la vitesse de déplacement et/ou de la direction dudit chariot à partir dudit signal délivré.

Ainsi, l'individu peut interagir simplement avec le chariot par l'intermédiaire d'un élément de préhension, tel qu'une poignée par exemple, et lui transmettre des instructions de guidage.

20 Par exemple, dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le patient peut contrôler la vitesse de progression du chariot motorisé à l'aide de l'élément de préhension, et ainsi accélérer ou au contraire ralentir le long d'un parcours prédéfini.

Dans une variante de ce mode de réalisation de l'invention, il peut
25 également être envisagé de fixer une vitesse de progression minimale du chariot.

Dans un autre mode de réalisation particulier de l'invention, on donne la possibilité au patient de contrôler la vitesse et la direction du chariot motorisé, et donc d'accélérer, de ralentir et de changer de direction comme il
30 l'entend.

En outre, on peut prévoir, dans un mode réalisation avantageux de l'invention, de monter un organe de commande du chariot, tel qu'une poignée, sur un côté du dispositif afin de permettre au thérapeute accompagnant le patient de contrôler l'avance du chariot motorisé.

- 5 Préférentiellement, la commande de cet organe sur le chariot est prioritaire sur celle de l'élément de préhension mis à disposition du patient.

Avantageusement, un dispositif de rééducation ambulatoire tel que le dispositif précédent comprend des moyens de guidage automatique dudit chariot comprenant des moyens de commande des moyens d'actionnement
10 d'au moins une roue motrice dudit chariot en fonction d'une vitesse de déplacement prédéterminée et d'une direction prédéterminée dudit chariot associées à la position dudit chariot, et de ladite consigne de variation.

On réalise ainsi un guidage précis du chariot.

De façon avantageuse, un tel dispositif de rééducation ambulatoire
15 comprend des moyens d'identification d'un état de déséquilibre dudit individu agencés de sorte à pouvoir activer lesdits moyens de contrôle de l'équilibre, comprenant des moyens de comparaison dudit ou desdits signaux délivrés par ledit ou lesdits éléments de préhension avec au moins un signal de référence prédéterminé.

20 Notamment, on peut ainsi rétablir immédiatement l'équilibre d'un patient qui, par un acte réflexe, serre violemment l'élément de préhension lorsqu'il se trouve déséquilibré.

Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, un dispositif de rééducation ambulatoire tel que ceux décrits précédemment comprend :

- 25 - des moyens de collecte d'une pluralité d'informations représentatives de la position et du déplacement d'au moins une portion du tronc et/ou d'au moins une portion de chaque pied dudit individu ;
- des moyens de détermination d'une donnée représentative de la démarche dudit individu en fonction de ladite pluralité d'informations ; et
30 - des moyens de guidage automatique dudit chariot comprenant des moyens de commande des moyens d'actionnement d'au moins une roue motrice dudit

chariot en fonction de ladite donnée représentative de la démarche dudit individu.

Ainsi, le patient pilote le chariot d'une façon totalement intuitive et transparente pour lui.

5 Cette approche consistant à se baser sur l'observation de la démarche du patient pour guider le chariot s'avère particulièrement originale et innovante par rapport aux techniques connues, et apporte un grand confort d'utilisation au patient, qui peut ainsi oublier la présence du dispositif, et se concentrer sur sa progression, en toute sécurité.

10 Avantageusement, un tel dispositif de rééducation ambulatoire comprend :

- des moyens de détermination d'une donnée représentative de la posture dudit individu en fonction de ladite pluralité d'informations ; et

- des moyens d'identification d'un état de déséquilibre dudit individu agencés

15 de sorte à pouvoir activer lesdits moyens de contrôle de l'équilibre, comprenant des moyens de comparaison de ladite donnée avec au moins une donnée de référence prédéterminée.

L'observation de la posture de l'individu permet notamment de discriminer les situations de déséquilibre avec précision.

20 De façon préférentielle, lesdits moyens de détermination de ladite donnée représentative de la démarche dudit individu sont configurés de sorte à pouvoir prendre en compte pour la détermination de ladite donnée au moins un paramètre propre audit individu appartenant au groupe comprenant :

- donnée anthropométrique ;

25 - pathologie dudit individu ;

- stade de rééducation dudit individu ;

- condition physique dudit individu.

On peut ainsi proposer, avec un même dispositif, un programme de rééducation spécifique à chaque patient, et qui puisse être aménagé en

30 fonction de l'état de fatigue du patient.

Selon un aspect particulier de l'invention, lesdits moyens d'obtention de ladite pluralité d'informations comprennent un dispositif de mesure appartenant au groupe comprenant au moins :

- centrale inertielle ;
- 5 - capteur de force ;
- dispositif de capture optique.

Dans un mode de réalisation avantageux de l'invention, on limite le nombre de ces dispositifs de mesure à trois, et préférentiellement deux.

Dans au moins un mode de réalisation de l'invention, une telle structure présente des moyens de calcul d'au moins une donnée comparative
10 représentative du déplacement dudit individu, et notamment de la distance parcourue ou de la vitesse de déplacement dudit individu, et des moyens d'affichage de ladite ou desdites données comparatives.

On stimule ainsi la motivation du patient qui réalise l'étendue de ses
15 progrès.

5. Liste des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante de trois modes de réalisation de l'invention, donnés à titre de simples exemples illustratifs et non limitatifs,
20 et des dessins annexés parmi lesquels :

- les figures 1A et 1B sont des vues schématiques en perspective, respectivement de devant et de derrière, d'un exemple de mode de réalisation d'un dispositif de rééducation ambulatoire selon l'invention ;
- 25 - la figure 2 est une vue de détail du support mobile déformable du dispositif de rééducation ambulatoire présenté en référence aux figures 1A et 1B ;
- la figure 3 illustre un autre exemple de mode de réalisation d'un dispositif de rééducation ambulatoire l'invention, présentant deux poignées de préhension, dans lequel le patient peut prendre le
30 contrôle du dispositif et déambuler librement ;

- la figure 4 est une vue d'un troisième exemple de mode de réalisation d'un dispositif de rééducation ambulatoire selon l'invention guidé automatiquement à partir de l'observation de la démarche du patient ;
- 5 - la figure 5 est une représentation synoptique du système de contrôle du dispositif de rééducation ambulatoire présenté en référence à la figure 4.

6. Description détaillée de l'invention

6.1. Rappel du principe de l'invention

10 Comme déjà indiqué, le principe de l'invention repose notamment sur la mise en œuvre d'un chariot motorisé à guidage automatique permettant d'accompagner un individu non autonome au cours d'une déambulation sur le sol, sans devoir mobiliser un thérapeute et sans prévoir une infrastructure complexe.

15 L'invention permet notamment de recréer des conditions de déambulation variées sur le sol s'approchant de la marche naturelle volontaire, permettant une rééducation complète de l'individu et une amélioration de son endurance. Par ailleurs, elle peut avantageusement être utilisée sur un sol présentant du relief, à l'extérieur d'un bâtiment par
20 exemple.

6.2. Exemple d'un mode de réalisation de l'invention

Un mode de réalisation d'un dispositif 10 autonome de rééducation ambulatoire selon l'invention est représenté en perspective et de façon schématique au cours d'une séance de rééducation sur les figures 1A et 1B,
25 respectivement vu de l'avant et vu de l'arrière.

Ce dispositif 10 comprend une structure mobile 11 assistant un patient 12 victime d'un accident vasculaire cérébral dans l'exercice de la marche le long d'un parcours 13 préétabli.

La structure mobile 11 comprend un chariot motorisé à guidage
30 automatique 14, également connu sous le terme d'agv, dont le châssis 141

est surmonté d'un portique 15, au sommet duquel est monté un capteur laser à faisceau horizontal 126.

Ce chariot motorisé à guidage laser 14 connu en soi, dont la position est déterminée par odométrie, est conçu pour suivre le parcours 13 de façon automatique, ou en d'autres termes sans l'intervention du thérapeute ou du patient.

Dans des variantes de ce mode de réalisation, il peut être envisagé de prévoir un chariot optoguidé, filoguidé ou à guidage magnétique.

Pour permettre au chariot 14 d'ajuster automatiquement sa position, trois balises réfléchives 120 ont été disposées à des endroits de la pièce où se déroule la séance identifiable avec précision.

Le parcours 13 défini par le thérapeute suivant le patient spécifiquement pour cette séance est stocké dans un mémoire d'une unité de supervision 125 logée à l'intérieur du portique 15. Un connecteur de type USB est prévu sur un montant du portique 15 pour permettre au thérapeute de connecter son ordinateur personnel à l'unité de supervision 125 et charger un nouveau parcours.

Une coque 111 habille le portique 15 et le châssis 141 du chariot 14. Elle est percée d'une ouverture évasée 112 pour offrir un large champ de vision au patient 12.

Un dispositif de soutien 16 du patient 12 est monté sur le portique 15. Ce dispositif de soutien 16 comprend une potence mobile déformable 115 suspendue à l'extrémité d'un câble 121 s'enroulant sur un treuil 116 fixé au sommet du portique 15.

Comme on peut le voir sur la figure 2, dans une vue de détail, la potence 115 est formée d'une plateforme 21 portant deux bras télescopiques indépendants omnidirectionnels 22, 23, et de préférence à déplacement holonomique, actionnés chacun par un moteur distinct 24 ou 25.

Une sangle double 118 est fixée à chacun des bras 22 et 23. Les extrémités de chaque sangle double 118 sont reliées à un harnais culotte 119 enserrant le bassin du patient 12.

Le harnais de soutien 119 peut être déplacé vers le haut ou vers le bas, de sorte à diminuer ou au contraire à augmenter le poids supporté par les jambes du patient 12, en enroulant ou en déroulant le câble 121 du treuil 116.

- 5 Dans ce mode de réalisation de l'invention la position du câble 121 est asservie en fonction de la mesure de l'intensité du courant électrique appelé par le moteur d'entraînement 122 du treuil 116 de façon à maintenir ce poids, et donc la charge supportée par le câble 121, constant.

10 Il convient de noter que progressivement, à chaque nouvelle séance du programme de rééducation, le thérapeute peut décider de réduire le soutien assuré par le harnais en fonction des progrès du patient.

Lorsque le patient a retrouvé une autonomie suffisante pour ne plus nécessiter d'être allégé par le harnais, le maintien du port du harnais reste cependant utile au patient pour faire face à une perte d'équilibre ou à une 15 baisse de capacité survenant au cours d'une séance, consécutive à de la fatigue ou à des douleurs articulaires, et nécessitant de rétablir un soutien.

L'actionnement de la potence 115 et du treuil est piloté par un contrôleur électronique temps réel 17 embarqué sur la structure 11, représenté en traits pointillés sur les figures 1A et 1B.

- 20 Avantageusement, les situations dans lesquelles le patient est en déséquilibre sont identifiées en mesurant les déplacements horizontaux du câble 121 et en détectant les variations brusques de la puissance électrique absorbée par le moteur d'entraînement 122.

À cet effet, le contrôleur 17 acquiert en permanence des signaux 25 délivrés par un capteur de position permettant de mesurer la position du câble 121 et par un capteur ampèremétrique mesurant la valeur de l'intensité du courant appelé par le moteur d'entraînement 122 du treuil 116.

Lorsque le déplacement horizontal ou la variation de l'intensité mesurés dépasse un seuil de référence prédéterminé, un signal de commande 30 des organes d'actionnement de la potence 115, et en l'occurrence des deux moteurs d'actionnement 24 et 25 des bras 22 est généré par le contrôleur 17,

afin de déplacer les sangles 118 et ainsi agir sur la position du bassin du patient 12 pour rétablir l'équilibre du patient.

La potence est par ailleurs équipée d'un capteur mécatronique ou optique par exemple permettant de mesurer l'inclinaison du câble par rapport à la verticale (non représenté sur cette figure 1) dont les données sont
5 utilisées par l'unité de supervision 125 pour déterminer la position du buste du patient.

Le déplacement du chariot 14 est également piloté par le contrôleur temps réel embarqué 17.

10 Ce contrôleur 17 présente une interface de communication avec l'unité de supervision 125 embarquée, qui lui fournit des données de guidage du chariot.

L'unité de supervision 125 est avantageusement construite autour d'une architecture logicielle modulaire, qui est donc évolutive et simple à
15 reconfigurer.

Le contrôleur 17 permet de commander un servomoteur électrique 18 entraînant en rotation et dirigeant deux roues motrices à entraînement différentiel 142 montées à l'arrière du chariot 14 en fonction des consignes de commande reçues du contrôleur 17. Dans une variante de ce mode de
20 réalisation, il peut également être envisagé de monter chacune des roues motrices au sein d'une tourelle moto-directrice spécifique, équipée d'un motoréducteur agissant sur la direction de la roue et d'un motoréducteur permettant d'entraîner la roue en rotation vers l'avant ou vers l'arrière.

Le servomoteur 18 est alimenté en électricité par une batterie rechargeable 19, par exemple de type gel acide-plomb ou Lithium-ion. Des
25 patins de charge 110 montés à l'extérieur du châssis 141 du chariot 14 permettent un rechargement de la batterie 19 sans la démonter.

A l'avant du chariot 14, une roue libre de roulage 143 est montée dans l'axe du chariot ce qui permet à la structure 11 d'épouser de faibles rayons de
30 courbure et de tourner sur elle-même, et facilite l'avance en marche arrière.

Dans ce mode de réalisation particulier de l'invention, la structure 11 présente une poignée de préhension fixe 114, permettant au patient 12 de régler la vitesse instantanée du chariot 14 sur le parcours 13.

5 Cette poignée 114 est avantageusement équipée de capteurs de force (non représentés sur les figures 1A et 1B) mesurant l'intensité des efforts exercés sur elle par une main du patient 12, reliés à une interface du contrôleur 17.

10 Il suffit au patient de serrer plus fort la poignée 114 pour augmenter la vitesse de déplacement de la structure, ou au contraire de relâcher la pression sur la poignée pour ralentir.

Sur ce parcours, le contrôleur 17 est programmé pour que la vitesse de déplacement du patient soit sensiblement proportionnelle à l'intensité du serrage qu'il exerce sur la poignée.

15 Le patient peut ainsi adapter simplement la vitesse d'exécution de chaque pas en fonction de son aptitude à marcher. Il peut également répondre aux sollicitations du thérapeute qui lui demande d'accélérer sur certaines portions du parcours.

20 Pour cette séance, des valeurs maximales de la vitesse instantanée et de la vitesse moyenne du chariot ont été paramétrées par le thérapeute et stockées dans une mémoire du module de supervision 125, afin de limiter les efforts à fournir par le patient et éviter qu'il se fatigue trop rapidement. En outre, une vitesse d'avance minimale du chariot a été réglée, afin d'obliger le patient à maintenir son effort sur toute la longueur du parcours, et travailler son endurance.

25 Il convient de noter que, par mesure de sécurité et afin de prévenir une chute du patient, il est prévu que le contrôleur 17 commande automatiquement l'arrêt du chariot si l'analyse des signaux délivrés par les capteurs de force équipant la poignée 114 révèle que le patient a serré brusquement et fortement la poignée. En effet, s'il perd l'équilibre, le patient
30 va s'agripper à la poignée de façon réflexe.

On peut observer sur la figure 1A que la coque 111 porte une console d'affichage 113 qui délivre au patient 12 des informations sur ses progrès et ses performances, ce qui confère dans une certaine mesure un aspect ludique à la séance de rééducation, et permet d'encourager le patient et/ou de
5 renforcer sa motivation.

Les informations restituées par la console 113 sont par exemple la vitesse d'avancement, la trajectoire, l'amplitude des foulées, les efforts de contact, ...

Il est également prévu que le patient puisse regarder une séquence
10 d'exercices effectuée précédemment sur l'écran de la console 113.

Il convient de noter que, de façon avantageuse, le thérapeute peut également utiliser cette console comme un pupitre de commande, afin de régler certains paramètres de la séance.

Dans ce mode de réalisation de l'invention, des organes de sécurité,
15 tels que par exemple un scrutateur laser, destinés à prévenir un choc avec un objet ou une personne, et d'alerter le thérapeute lors qu'un choc est imminent sont prévus. Ainsi par exemple, lorsqu'un obstacle est détecté devant le chariot par des détecteurs photosensibles montés sur la portion frontale de la coque, le chariot ralenti progressivement. En cas de choc avec un objet ou
20 avec le thérapeute enregistré par des détecteurs mécaniques équipant le chariot 14, l'arrêt du chariot s'opère automatiquement.

6.3. Deuxième exemple de mode de réalisation de l'invention

La figure 3 est une vue de détail d'un autre exemple de dispositif de rééducation ambulatoire 31 selon l'invention, constituant une variante du
25 mode de réalisation détaillé précédemment, permettant au patient de prendre le contrôle du chariot à guidage automatique et de se déplacer librement dans la pièce.

Ce dispositif 31 présente une structure identique à la structure 11, équipée en outre avantageusement d'une deuxième poignée de préhension
30 fixe 33 instrumentée avec des capteurs de force.

Dans ce mode de réalisation particulier de l'invention, des capteurs de force multi-axes sont disposés en nombre suffisant et selon un agencement convenable sur chaque poignée afin de permettre une mesure de la direction et de l'intensité des efforts exercés sur chacune des poignées par l'une ou l'autre des mains du patient 32.

Dans une variante de ce mode de réalisation particulier de l'invention, il peut également être envisagé de prévoir des poignées à retour d'effort, encore appelées poignées kinesthésiques ou poignées haptiques, ne nécessitant pas la mise en œuvre de capteurs de force. Il peut notamment s'agir de poignées à retour d'effort contenant un moteur électrique offrant une résistance à la rotation d'un bague extérieure manipulée par le patient.

Comme dans le mode de réalisation décrit précédemment, le patient peut faire varier la vitesse d'avance du chariot le long d'un parcours préétabli en saisissant l'une ou l'autre des poignées 114 et 32.

Lorsqu'il saisit les deux poignées 114 et 33, le patient 32 contrôle à la fois la vitesse d'avance et la direction du chariot 34, et peut ainsi se déplacer de façon autonome dans la pièce.

Pour commander au chariot 34 de tourner vers la gauche ou vers la droite, il suffit alors au patient 32 d'exercer une action dissymétrique sur les poignées 114 et 33, plus soutenue au niveau de la poignée située du côté vers lequel un virage doit être amorcé.

Lorsque le patient relâche l'une des deux poignées, le chariot bascule automatiquement en mode de guidage automatique. Le dispositif 31 se dirige alors automatiquement par le plus court chemin vers une position du parcours préétabli, avant de reprendre le tracé du parcours.

Dans une variante, il peut également être envisagé que le dispositif de rééducation ambulatoire soit en permanence piloté manuellement par le patient, et qu'il s'arrête, ou encore qu'il soit programmé pour progresser en ligne droite, lorsque le patient relâche l'une des poignées.

6.4. Troisième exemple de mode de réalisation de l'invention

On a représenté en référence à la figure 4 un autre exemple de mode réalisation d'un dispositif de rééducation ambulatoire selon l'invention.

Dans ce mode de réalisation de l'invention particulièrement original, le guidage automatique du chariot 41 du dispositif de rééducation 40 est opéré à l'aide d'une estimation de la démarche du patient 42, qui est interprétée
5 comme un reflet des intentions de déplacement du patient.

Cette estimation de la démarche du patient est basée sur la détermination d'une donnée représentative de cette démarche. Elle est obtenue par une simulation en temps réel du comportement dynamique d'un mannequin virtuel représentant le patient 42, basée notamment sur une
10 reconstruction numérique de la posture du patient 42.

Pour permettre cette reconstruction, le patient est instrumenté avec un nombre limité de capteurs. On a en effet astucieusement choisi d'équiper la portion du harnais 43 en contact avec le dos du patient d'une centrale
15 inertielle 44, et chaque pied du patient d'une autre centrale inertielle 45.

Dans des variantes de ce mode de réalisation de l'invention, il peut également être prévu d'équiper le patient de capteurs photoélectriques de capture de mouvement, pour détecter le mouvement des jambes et/ou du bassin du patient, ou de tout autre capteur connu permettant de mesurer la
20 position et/ou le déplacement d'une zone de la partie inférieure du corps du patient.

Comme on peut le voir sur la figure 5 qui détaille le système de contrôle du dispositif de rééducation ambulatoire 40, les données fournies par les centrales inertielles 44 et 45 concernant la position et le déplacement du bassin et des pieds du patient sont collectées régulièrement par le module de
25 supervision 51. Ces données sont exploitées au sein de ce module de supervision par une application logicielle 52 s'appuyant sur une modélisation dynamique du mannequin virtuel représentant le patient pour animer ce mannequin virtuel.

30 Le modèle de mannequin numérique virtuel mis en œuvre dans ce mode de réalisation de l'invention est construit par couplage d'un modèle

cinématique du squelette à 45 degrés de liberté construit autour d'une chaîne arborescente d'éléments rigides en butée articulaire, avec un modèle biomécanique prenant en compte des paramètres anthropométriques tels que le sexe, l'âge, et la taille du patient, et intégrant des paramètres propres à la

5 pathologie du patient, permettant d'attribuer une enveloppe, ou peau, au mannequin et de gérer son interaction avec l'environnement extérieur.

Dans des variantes de ce mode de réalisation de l'invention, il peut également être prévu que le modèle biomécanique utilisé pour la détermination de la donnée représentative de la démarche du patient prenne

10 en compte le stade de rééducation et/ou la condition physique de celui-ci.

L'animation de ce mannequin résulte de l'intégration des équations d'un modèle dynamique du mouvement.

Les efforts exercés par le patient sur le dispositif 40 sont calculés au sein de l'application logicielle 52 et des stratégies d'optimisation par critère

15 quadratique, consistant par exemple à minimiser la fatigue musculaire, sont appliquées pour gérer l'équilibre du mannequin de manière réflexe et générer des consignes transmises au contrôleur 53 commandant l'actionnement des bras de la potence mobile déformable 46 et/ou du treuil 47.

L'application 52 détermine par ailleurs automatiquement une donnée

20 représentative de la démarche du patient à partir de laquelle est extraite l'intention du patient de changer de direction, ou encore d'accélérer ou de ralentir, par exemple. Elle transmet alors une consigne de guidage incluant une donnée directionnelle et une donnée de vitesse au contrôleur 53, qui à son tour commande le moteur d'actionnement des roues motrices du chariot

25 41 en conséquence.

La structure du dispositif de rééducation ambulatoire 40 se déplace donc de manière transparente pour le patient sans qu'il ait besoin d'interagir directement avec celle-ci.

On peut en outre observer sur la figure 4, que le patient, qui n'est pas

30 tenu de saisir une poignée pour guider ou régler la vitesse du chariot 40, peut

balancer ses bras le long du corps, dans une position de marche naturelle habituelle.

L'application logicielle 52 permet par ailleurs avantageusement de surveiller la posture du patient en calculant une donnée représentative de la posture du patient, et d'identifier si le patient se trouve dans un état de déséquilibre du patient, en comparant cette donnée à une base de données de référence prédéterminée.

6.5. Autres caractéristiques optionnelles et avantages de l'invention

Dans des variantes des modes de réalisation de l'invention détaillés ci-dessus, il peut également être prévu :

- en cas de chute, de capter le mouvement du patient à l'aide d'un marqueur optique, tel qu'une boule réfléchissante à rayonnement infra-rouge, un accéléromètre, ou un marqueur magnétique ;
- de transmettre vers le dispositif les informations relatives au parcours de la séance à partir d'un terminal distant, via une liaison wifi.

Dans une autre variante, il peut être envisagé, sans sortir du cadre de l'invention, de placer le portique et la coque dans le dos du patient, afin que ce patient oublie progressivement qu'il est assisté par une machine, par exemple s'il s'agit d'une personne âgée plus réticente envers l'usage d'une technologie nouvelle.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de rééducation ambulatoire (10;31;40) comprenant une structure mobile (11) d'assistance d'un individu dans l'exercice d'au moins un mouvement de la marche présentant des moyens de soutien dudit individu,
5 caractérisé en ce que ladite structure mobile (11) comprend un chariot motorisé à guidage automatique (14;34;41).
2. Dispositif de rééducation ambulatoire selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de soutien comprennent un harnais de soutien (119) apte à enserrer au moins une portion du tronc dudit individu, de
10 préférence une portion du bassin dudit individu, ledit harnais (119) étant solidarisé à un support déformable (115) monté mobile par rapport au bâti de ladite structure (11).
3. Dispositif de rééducation ambulatoire selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit support déformable (115) comprend au moins un
15 bras omnidirectionnel (22;23) solidarisé à une sangle de liaison (118) avec ledit harnais (119).
4. Dispositif de rééducation ambulatoire selon la revendication 3, caractérisé en ce que, ledit support déformable (115) comprenant deux bras (22;23), chacun desdits bras (22;23) est actionné par un moteur distinct
20 (24;25).
5. Dispositif de rééducation ambulatoire selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ledit support déformable (115) est fixé à une extrémité d'un câble (121) d'un treuil (116).
6. Dispositif de rééducation ambulatoire selon la revendication 5,
25 caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de contrôle de l'équilibre dudit individu agissant sur un moteur d'actionnement (122) dudit treuil (116) et/ou sur ledit support déformable (115), comprenant des moyens de détection d'une variation de la puissance électrique absorbée par ledit moteur (122) et des moyens de mesure d'un déplacement horizontal dudit câble (121).
- 30 7. Dispositif de rééducation ambulatoire selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens d'obtention d'au moins une information représentative de l'intensité et/ou de la direction de l'effort exercé par ledit individu sur un élément de préhension (114,33) solidarisé à ladite structure (11) ;

- des moyens de délivrance d'un signal comprenant ladite ou lesdites informations.

- des moyens de génération d'une consigne de variation de la vitesse de déplacement et/ou de la direction dudit chariot (14;34;41) à partir dudit signal délivré.

8. Dispositif de rééducation ambulatoire selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de guidage automatique dudit chariot (14;34;41) comprenant des moyens de commande des moyens d'actionnement d'au moins une roue motrice (142) dudit chariot en fonction d'une vitesse de déplacement prédéterminée et d'une direction prédéterminée dudit chariot (14;34;41) associées à la position dudit chariot (14;34;41), et de ladite consigne de variation.

9. Dispositif de rééducation ambulatoire selon la revendication 8 lorsqu'elle dépend de la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens d'identification d'un état de déséquilibre dudit individu agencés de sorte à pouvoir activer lesdits moyens de contrôle de l'équilibre, comprenant des moyens de comparaison dudit ou desdits signaux délivrés par ledit ou lesdits éléments de préhension (114,33) avec au moins un signal de référence prédéterminé.

10. Dispositif de rééducation ambulatoire selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens de collecte d'une pluralité d'informations représentatives de la position et du déplacement d'au moins une portion du tronc et/ou d'au moins une portion de chaque pied dudit individu ;

- des moyens de détermination d'une donnée représentative de la démarche dudit individu en fonction de ladite pluralité d'informations ; et

- des moyens de guidage automatique dudit chariot (41) comprenant des moyens de commande des moyens d'actionnement d'au moins une roue

motrice (142) dudit chariot (41) en fonction de ladite donnée représentative de la démarche dudit individu.

11. Dispositif de rééducation ambulatoire selon la revendication 10 lorsqu'elle dépend de la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - des moyens de détermination d'une donnée représentative de la posture dudit individu en fonction de ladite pluralité d'informations ; et
- des moyens d'identification d'un état de déséquilibre dudit individu agencés de sorte à pouvoir activer lesdits moyens de contrôle de l'équilibre, comprenant des moyens de comparaison de ladite donnée avec au moins une
- 10 donnée de référence prédéterminée.

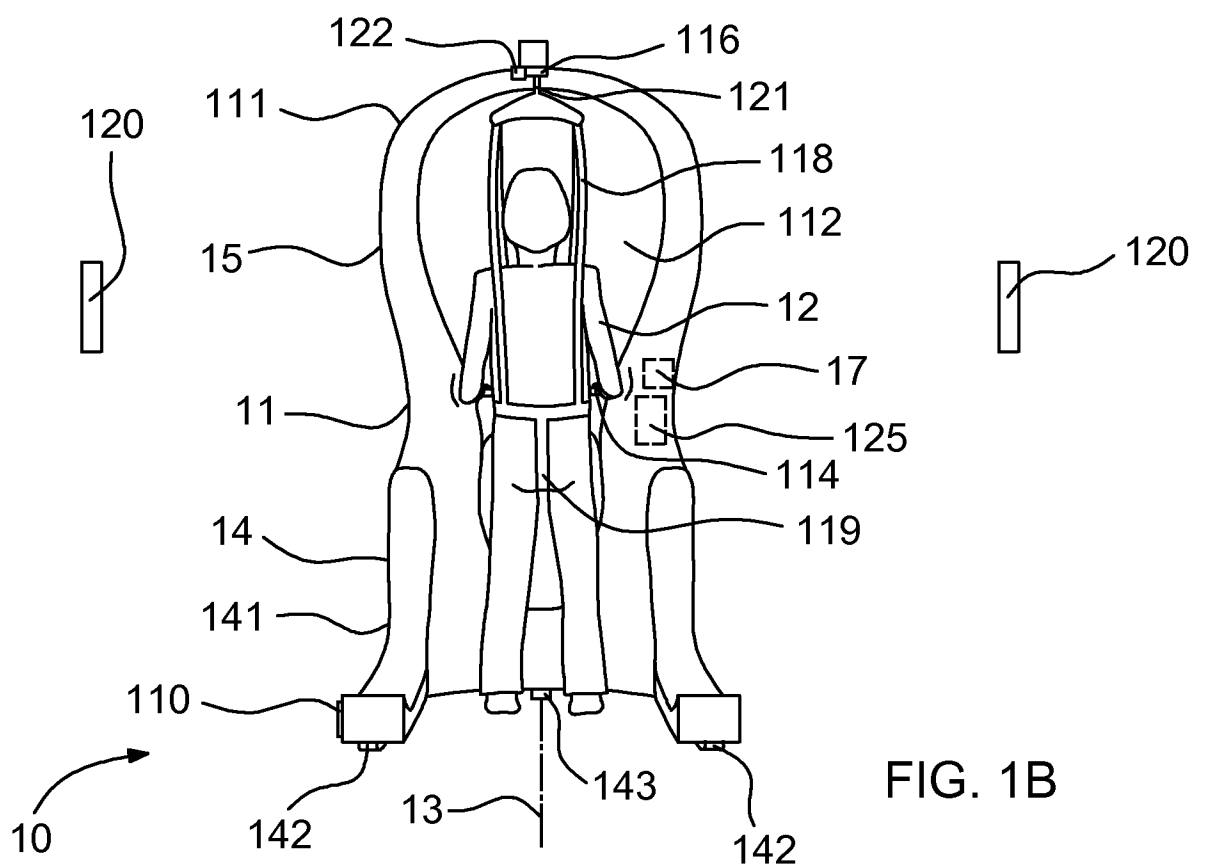
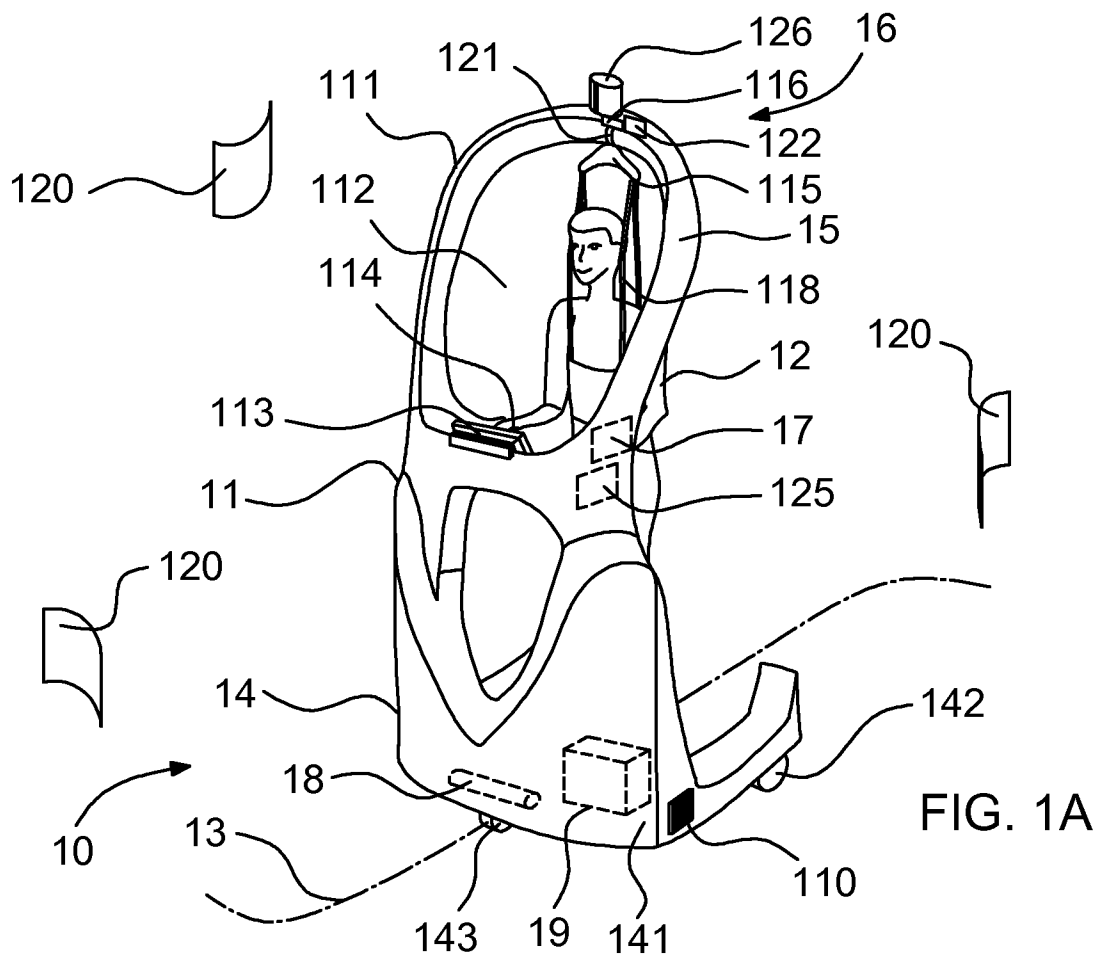
12. Dispositif de rééducation ambulatoire selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que lesdits moyens de détermination de ladite donnée représentative de la démarche dudit individu sont configurés de sorte à

15 un paramètre propre audit individu appartenant au groupe comprenant :

- donnée anthropométrique ;
- pathologie dudit individu ;
- stade de rééducation dudit individu ;
- condition physique dudit individu.

20 **13.** Dispositif de rééducation ambulatoire selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que lesdits moyens d'obtention de ladite pluralité d'informations comprennent un dispositif de mesure appartenant au groupe comprenant au moins :

- centrale inertielle (44;45) ;
- 25 - capteur de force ;
- dispositif de capture optique.



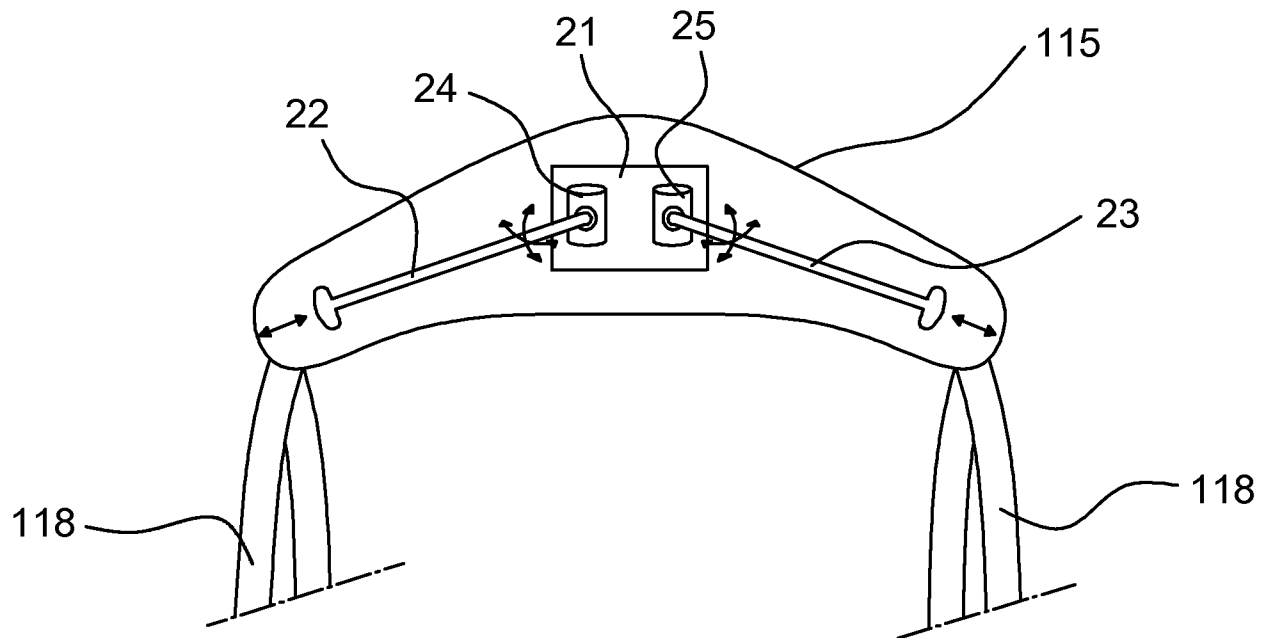


FIG. 2

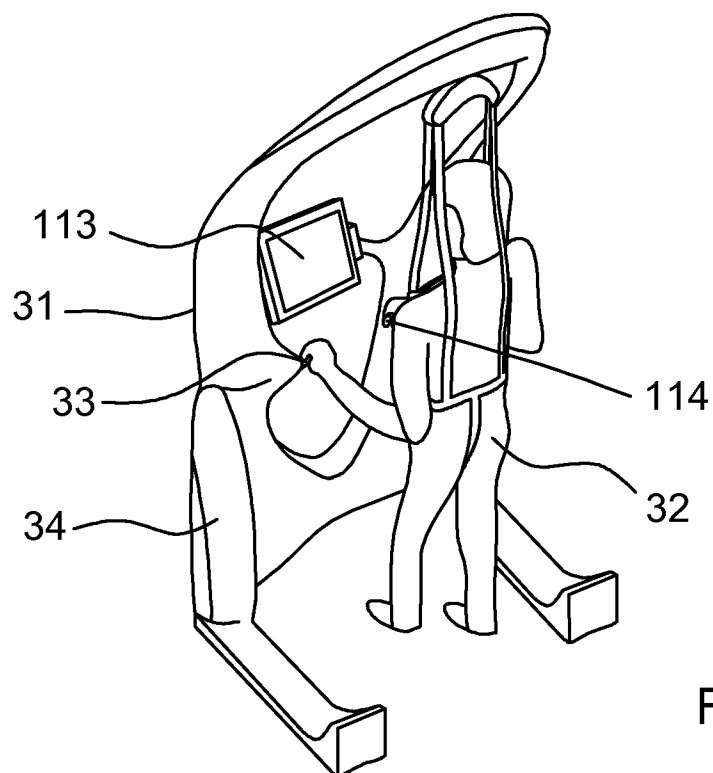


FIG. 3

