

(19)



(11)

EP 3 522 845 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
04.11.2020 Bulletin 2020/45

(51) Int Cl.:
A61G 5/06 (2006.01) **A61G 5/04** (2013.01)
A61G 5/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17797386.4**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2017/052763

(22) Date de dépôt: **09.10.2017**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2018/069619 (19.04.2018 Gazette 2018/16)

(54) **VEHICULE D'AIDE A LA MOBILITE ADAPTE POUR LE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLES**
MOBILITÄTSASSISTENZFAHRZEUG ZUR ÜBERQUERUNG VON HINDERNISSEN
MOBILITY ASSISTANCE VEHICLE ADAPTED TO NEGOTIATE OBSTACLES

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **10.10.2016 FR 1670589**

(43) Date de publication de la demande:
14.08.2019 Bulletin 2019/33

(73) Titulaire: **Cazali, Christophe**
78220 Viroflay (FR)

(72) Inventeur: **Cazali, Christophe**
78220 Viroflay (FR)

(74) Mandataire: **Delaveau, Sophie et al**
Lexando & Caracteq
3, rue Geoffroy Marie
75009 Paris (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-01/53145 WO-A1-2010/142277
WO-A1-2017/137967 FR-A1- 2 618 066
US-A1- 2007 152 427

EP 3 522 845 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention s'inscrit dans le domaine des véhicules d'aide à la mobilité, de tels véhicule étant motorisés et pilotables par l'intermédiaire de moyens de commande intégrés au véhicule.

[0002] L'invention porte plus particulièrement sur véhicule d'aide à la mobilité, par exemple un fauteuil roulant ou une poussette, adapté notamment pour circuler sur des terrains non plats et/ou accidentés et franchir sans encombre des obstacles. Un tel véhicule procure donc à celui qui le commande une autonomie améliorée.

[0003] Traditionnellement, de tels véhicules motorisés, comme les fauteuils roulants électriques, ne disposent pas de capacité de franchissement d'obstacles de plus de quelques centimètres de hauteur. Il existe néanmoins des dispositifs spécifiques étendant partiellement ces limites.

[0004] Il est par exemple connu du document FR2618066 un fauteuil automoteur pour handicapé avec un dispositif de verticalisation automatique. Le fauteuil comprend une assise réglable disposée sur un caisson et une pluralité de chenilles entourant des galets crantés, les chenilles étant reliées au châssis de l'assise par des jambes articulées audit châssis selon des articulations de pivot motorisées à l'aide de vérins. En outre, chaque jambe comprend une deuxième articulation de pivot.

[0005] Cependant, ce fauteuil automoteur présente l'inconvénient de comporter un mécanisme très lourd et très complexe à mettre en œuvre et ne permet de franchir des obstacles que de faible hauteur.

[0006] Il est également connu du document JP11128278 un fauteuil roulant comprenant quatre jambes articulées à mécanisme de type pantographe, les jambes étant fixées par une extrémité sous l'assise du fauteuil et comportant à l'autre extrémité une roue à moteur électrique intégré. Les articulations des jambes sont en outre motorisées par des vérins. Cependant, ce fauteuil dispose, de par sa structure générale et en particulier de par l'agencement des jambes articulées, d'une stabilité globale et latérale limitées. En outre, ce type de fauteuil n'est pas en mesure de franchir des obstacles de grande hauteur ou en creux en raison d'une faible capacité d'extension vers l'avant du train avant.

[0007] L'invention vise ainsi à proposer un véhicule d'aide à la mobilité, tel un fauteuil ou une poussette, adapté pour franchir les obstacles de grande hauteur rencontrés, tout en assurant une stabilité optimale du fauteuil durant le franchissement dudit obstacle.

[0008] À cet effet, le véhicule d'aide à la mobilité comprend une structure mécanique supportant au moins un plateau porteur, des moyens de commande, au moins quatre jambes articulées comprenant chacune des premier et second segments reliés entre eux par une première articulation motorisée, une extrémité de chaque premier segment étant montée sur la structure mécanique, le véhicule comprenant en outre des roues motorisées montées respectivement sur des extrémités libres res-

pectives des seconds segments, caractérisé en ce que :

i. chaque premier segment est monté sur l'un des côtés latéraux de la structure mécanique par une seconde articulation motorisée, chaque côté latéral opposé étant relié à au moins deux jambes, et en ce que

ii. les moyens de commande sont aptes à piloter indépendamment les unes des autres les premières et secondes articulations motorisées des jambes, notamment en soulèvement successif des dites jambes pour franchir un obstacle.

[0009] Le véhicule d'aide à la mobilité de l'invention peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- Chaque premier segment est monté en partie inférieure de la structure mécanique.

- Chaque première et seconde articulation motorisée est entraînée par un actionneur dédié piloté par les moyens de commande, l'actionneur pouvant prendre la forme, par exemple, d'un moteur électrique ou d'un vérin hydraulique ou électrique.

- Les actionneurs comprennent chacun un capteur de position relié aux moyens de commande, de sorte que lesdits moyens de commande connaissent et contrôlent en temps réel les coordonnées spatiales de chaque roue du véhicule par rapport à la structure mécanique du véhicule.

- Le véhicule comprend des moyens de détection d'inclinaison du plateau porteur par rapport à un plan horizontal, ces moyens de détection d'inclinaison étant reliés aux moyens de commande, et les moyens de commande sont aptes à contrôler les actionneurs pour ajuster la position des jambes dont les roues sont en contact avec le sol de sorte que l'angle d'inclinaison du plateau porteur par rapport au plan horizontal soit inférieur à une valeur d'angle déterminée.

- Les moyens de commande sont aptes à calculer en temps réel les coordonnées spatiales du centre de gravité du véhicule à partir des données provenant des capteurs de position des actionneurs.

- Préalablement au soulèvement d'une jambe, les moyens de commande sont aptes à contrôler la position du centre de gravité du fauteuil en commandant les actionneurs pour modifier la position des jambes, de sorte que les coordonnées projetées du centre de gravité dans le plan horizontal soient incluses dans un polygone de sustentation défini par

les coordonnées projetées des roues destinées à rester en contact avec le sol dans ledit plan après le soulèvement de la jambe considérée.

- Le véhicule comprend un système de vision tridimensionnelle piloté par les moyens de commande et adapté pour détecter au moins un obstacle à franchir par le véhicule, le système de vision permettant de déterminer la distance de l'obstacle au véhicule et au moins une coordonnée verticale de l'obstacle représentant sa hauteur. 5
- Chaque roue avant du véhicule est articulée autour d'un axe longitudinal du segment correspondant, et la rotation de chaque roue autour de cet axe longitudinal est piloté par les moyens de commande pour permettre d'orienter le véhicule. 15
- Chaque roue comprend un capteur d'angle relié aux moyens de commande et apte à mesurer l'angle formé entre le propre axe de rotation de la roue considérée et un axe longitudinal du véhicule. 20
- Les articulations des jambes comprennent chacune au moins un axe de rotation sensiblement horizontal et transversal. 25
- Le plateau porteur est une assise dudit véhicule.

[0010] L'invention vise également un procédé de franchissement contrôlé d'obstacle par soulèvement successif des jambes d'un véhicule tel que décrit précédemment, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes successives : 30

- i. de détermination par les moyens de commande des coordonnées du centre de gravité du véhicule en fonction des différentes données provenant des capteurs de position des actionneurs, et en fonction des dimensions et masses des éléments constituant le véhicule et le cas échéant portés par ledit véhicule ; 35
- ii. de détection par les moyens de commande des roues en appui sur le sol en fonction des données fournies par des capteurs de force respectivement solidaires des roues et de sélection par les moyens de commande des roues qui vont rester en appui sur le sol après soulèvement de la roue à lever ; 40
- iii. de définition des coordonnées d'un polygone de sustentation formé par la projection des coordonnées des roues restant en contact avec le sol dans le plan horizontal ; 45
- iv. d'actionnement par les moyens de commande des actionneurs pour déplacer le centre de gravité de sorte que ses coordonnées projetées soient in-

clues dans le polygone de sustentation défini précédemment, et

v. de soulèvement, par les actionneurs considérés pilotés par les moyens de commande, de la roue considérée.

[0011] Le procédé peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- Le polygone de sustentation défini préalablement au lever de la roue considérée est un triangle, le véhicule (1) comprenant quatre jambes. 15
- Les étapes successives i à iv sont répétées en boucle de sorte que la détermination des coordonnées du centre de gravité et le maintien de sa position dans le polygone de sustentation correspondant soient réalisées en temps réel et à chaque étape de la boucle.
- Le procédé comprend une étape préliminaire de détermination des coordonnées initiales du centre de gravité du véhicule comportant au moins les sous-étapes successives : 25
 - i. d'actionnement par les moyens de commande des actionneurs des articulations des deux jambes avant ou arrière pour allonger ces dernières dans la direction longitudinale, de sorte que le centre de gravité du véhicule soit situé au voisinage de l'une des parties avant ou arrière du véhicule, les roues étant toutes en appui sur le sol (34) et le plateau porteur étant horizontal ;
 - ii. de soulèvement, par les actionneurs considérés pilotés par les moyens de commande, de l'une des deux jambes allongées du véhicule pour soulever la roue considérée ;
 - iii. d'actionnement par les moyens de commande des actionneurs des articulations de la jambe allongée dont la roue est en appui sur le sol, de manière à la rapprocher progressivement du véhicule ;
 - iv. de détermination par les moyens de commande des coordonnées des roues en appui sur le sol à partir des données provenant des capteurs de position des articulations au moment où l'angle d'inclinaison du plateau porteur par rapport au plan horizontal atteint une valeur déterminée, la variation d'angle étant analysée par les moyens de commande à l'aide des données provenant des moyens de détection d'inclinaison du plateau porteur ; 50

v. d'attribution de coordonnées au centre de gravité du véhicule relativement aux coordonnées des roues en appui sur le sol déterminées à l'étape précédente formant alors les coordonnées initiales du centre de gravité.

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 est une représentation d'ensemble en perspective du véhicule d'aide à la mobilité selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue de côté du véhicule de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue de face du véhicule de la figure 1 ;
- la figure 4 représente le véhicule de la figure 1 circulant sur un terrain en pente ;
- la figures 5 représente le véhicule de la figure 1 circulant sur un terrain en dévers ;
- la figure 6 est une vue en perspective du véhicule de l'invention dont l'assise est surélevée par extension des jambes articulées du véhicule ;
- la figure 7 est une vue de côté du véhicule de l'invention dans sa configuration de la figure 6 ;
- la 8A représente le véhicule de l'invention stable sur quatre roues et la projection de son centre de gravité dans un polygone de sustentation ;
- les figures 8B et 8C illustrent, lors du soulevé d'une roue avant, une cinématique du déplacement du centre de gravité du véhicule de l'invention pour déplacer sa projection dans le triangle de sustentation formé par les trois roues restant au sol ;
- les figures 8D et 8E illustrent, lors du soulevé d'une roue arrière, une cinématique du déplacement du centre de gravité du véhicule de l'invention pour déplacer sa projection dans le triangle de sustentation formé par les trois roues restant au sol ;
- les figures 9A à 9D illustrent une cinématique du franchissement d'un obstacle de grande taille par le véhicule de l'invention ;
- les figures 10A à 10F illustrent une cinématique de la montée d'un escalier par le véhicule de l'invention.

[0013] Il est tout d'abord précisé que sur les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments quelle que soit la figure sur laquelle elles apparaissent et quelle que soit la forme de représentation de ces éléments. De même, si des éléments ne sont pas spécifiquement référencés sur l'une des figures, leurs références peuvent être aisément retrouvées en se reportant à une autre figure.

[0014] Il est également précisé que les figures représentent essentiellement un mode de réalisation de l'objet de l'invention mais qu'il peut exister d'autres modes de réalisation qui répondent à la définition de l'invention.

[0015] La présente invention concerne un véhicule d'aide à la mobilité 1 adapté pour franchir des escaliers en montée ou en descente, pour franchir des obstacles en relief ou en creux (par exemple un caniveau), tout en gardant l'assise horizontale même sur terrain en pente ou en dévers. Le véhicule de l'invention permet en outre, hors franchissement d'obstacle, d'élever l'assise pour porter le passager à hauteur de personnes debout. Cette autonomie procurée au passager ou à l'utilisateur dudit véhicule 1 est fortement améliorée : il n'est ni besoin de tierce personne ni besoin de dispositif supplémentaire pour bénéficier de ces capacités.

[0016] En référence au mode de réalisation représenté sur les figures 1 à 3, le véhicule d'aide à la mobilité 1 de l'invention est un fauteuil roulant motorisé comprenant une structure mécanique 2 supportant au moins un plateau porteur 3, ledit plateau étant notamment une assise, et est compatible avec tous les aménagements nécessaires à un handicap physique (par exemple adaptations ergonomiques du siège, dossier aménagé 4, cale pieds 5).

[0017] La structure mécanique 2 est un châssis métallique formés de profilés, ce châssis comprenant notamment une partie inférieure 20, une partie intermédiaire 21 sur laquelle repose l'assise 3, une partie avant 23 à l'extrémité de laquelle est solidarisé le cale-pieds 5, et une partie supérieure 22 supportant les accoudoirs latéraux 25a, 25b. Enfin, la structure mécanique 2 comprend une partie arrière 24 sur laquelle repose le dossier 4. Cette partie arrière 24 est également munie de deux poignées 26a, 26b pour permettre à un utilisateur valide de manœuvrer le fauteuil 1.

[0018] Le fauteuil roulant 1 est de type électrique et dispose notamment d'une batterie électrique (non représentée), de roues 11a, 11b, 11c, 11d chacune motorisée par un moteur électrique intégré, et d'un pupitre de commande 13 comprenant au moins une manette de contrôle 14, communément désignée sous les terme anglophone « joystick », et faisant partie intégrante de moyens de commande 19 du véhicule. Le pupitre 13 permet au passager du fauteuil 1 de le commander pour avancer, reculer, tourner, arrêter, élever ou abaisser la structure mécanique et donc l'assise 3.

[0019] Dans la suite de la description, et comme représenté sur la figure 1, on se placera dans le référentiel du fauteuil 1, qui est un référentiel orthonormé à trois

axes, dirigés respectivement selon la verticale (Z), une direction longitudinale (X) du fauteuil et une direction transversale (Y) du fauteuil.

[0020] En référence aux figures 1 à 3, le fauteuil 1 comprend quatre jambes articulées 6a, 6b, 6c, 6d montées en rotation sur la partie inférieure 20 de la structure mécanique 2. Plus précisément et selon l'invention, les deux paires de jambes sont montées respectivement sur les deux cotés latéraux 200 de la partie inférieure 20 de la structure mécanique et sur l'extérieur de la structure.

[0021] Chaque jambe 6a - 6d comprend des premier 7a - 7d et deuxième segments 8a - 8d reliés entre eux, au niveau de deux extrémités respectives, par une première articulation 9a - 9d motorisée par un actionneur 90a - 90d piloté par les moyens de commande 19. Cette articulation 9a - 9d est préférentiellement mobile à rotation selon un axe transversal, c'est-à-dire parallèle à l'axe Y du repère orthonormé.

[0022] Le premier segment 7a - 7d, qui peut être assimilé à la « cuisse » de la jambe 6a - 6d, est monté à rotation sur la structure mécanique 20 au niveau de son extrémité par une deuxième articulation 10a - 10d motorisée par un autre actionneur 100a - 100d, également piloté par les moyens de commande 19. Cette autre articulation 10a - 10d est également préférentiellement mobile à rotation selon un axe transversal, parallèle à l'axe Y du repère orthonormé.

[0023] Les actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d permettant le mouvement des deux articulations 9a - 9d et 10a - 10d de la jambe 6a - 6d peuvent être de type moteur électrique, ou vérin hydraulique ou électrique.

[0024] Le second segment de la jambe 8a - 8d, qui peut être assimilé au « tibia » de la jambe 6a - 6d, comprend au niveau de son extrémité libre une roue 11a - 11d montée sur sa fourche 12a - 12d et motorisée par exemple à l'aide d'un moteur moyeu (non représenté). En outre, la roue 11a - 11b peut pivoter autour de l'axe longitudinal du second segment 8a - 8d pour permettre au fauteuil 1 de tourner.

[0025] Les moyens de commande 19 pilotent les différents actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d, 10a - 10d des jambes 6a - 6d, ainsi que les moteurs permettant aux roues 11a - 11d de mouvoir le fauteuil 1 ou de le faire tourner. Les commandes peuvent être envoyées de manière contrôlée par le passager par l'intermédiaire du joystick 14 du pupitre de commande 13, mais peuvent également être envoyées automatiquement en fonction de l'environnement autour du fauteuil.

[0026] Les moyens de commande 19 comprennent un calculateur (non représenté) qui est adapté pour prendre en compte les ordres du passager ou de l'utilisateur par l'intermédiaire du pupitre de commande 13, mais également pour prendre en compte l'état du fauteuil (c'est-à-dire notamment la position des jambes 6a - 6d, des roues 11a - 11d et de l'assise 3) et les obstacles environnants pour permettre au calculateur d'envoyer des commandes automatiques en cas de besoin, par exemple de fran-

chissement d'un obstacle 33, 35. Les moyens de commande 19 comprennent également un espace mémoire dans lequel les caractéristiques propres du fauteuil 1 de l'invention, notamment les différentes dimensions, positions et masses des éléments le constituant, sont enregistrées.

[0027] Le fauteuil 1 comprend donc une pluralité de moyens permettant aux moyens de commande 19 d'analyser l'état du fauteuil 1 et les obstacles environnants.

[0028] Pour ce faire, le fauteuil 1 comprend un système de vision tridimensionnelle 15, par exemple un système de vision stéréoscopique, ou encore un système de type lidar ou radar, commandé par les moyens de commande 19. Ce système est préférentiellement orienté vers l'avant du fauteuil 1, autrement dit dans le sens de la vision du passager du fauteuil 1. Alternativement, ce système de vision 15 peut également être orienté dans d'autres directions. Préférentiellement, le système de vision 15 est intégré dans l'un des accoudoirs 25b, le pupitre de commande 13 étant intégré dans l'autre accoudoir 25a. Le système de vision 15 permet donc de caractériser les obstacles 33, 35 survenant dans le champ de vision du système de vision 15, c'est-à-dire de définir la position et les dimensions de l'obstacle 33, 35 dans le référentiel orthonormé d'axes X, Y et Z en relatif au référentiel du fauteuil 1.

[0029] Les première 9a - 9d et seconde 10a - 10d articulations de chaque jambe 6a - 6d sont munies chacune d'un capteur de position (non représenté) relié aux moyens de commande 19. De la sorte, les moyens de commande 19 connaissent en temps réel l'état des articulations 9a - 9d, 10a - 10d de chaque jambe 6a - 6d, ce qui permet auxdits moyens de commande 19, connaissant les dimensions de tous les éléments du fauteuil (notamment des roues 11a - 11d, des segments 7a - 7d, 8a - 8d des jambes 6a - 6d et des parties 20 - 24 de la structure mécanique 2), d'en déduire la position de chaque roue 11a - 11d du fauteuil 1 dans le repère d'axes X, Y et Z relatif au fauteuil 1. Corollairement, les moyens de commande 19 utilisent les données des capteurs de position des articulations 9a - 9d, 10a - 10d pour piloter le déplacement des jambes 6a - 6d vers une position déterminée. Alternativement, chaque capteur de position peut être intégré dans l'actionneur considéré 90a - 90d et 100a - 100d.

[0030] Chaque roue 11a - 11d est munie d'un capteur angulaire relié aux moyens de commande 19 et apte à mesurer l'angle formé entre l'axe propre de rotation de la roue et la direction transversale Y. Les moyens de commande 19 utilisent les données des capteurs d'angle pour piloter la rotation du fauteuil 1. Les roues 11a - 11d, tout comme les actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d, 10a - 10d, sont donc pilotées en boucle fermée par les moyens de commande.

[0031] Chaque roue 11a - 11d est en outre munie d'un capteur de force (non représenté) relié aux moyens de commande 19, pour lui permettre d'identifier quelle roue 11a - 11d est en appui sur le sol 16, 17, 34, 36.

[0032] Enfin, le fauteuil est équipé de moyens de détection d'inclinaison (non représenté) de l'assise 3 du fauteuil 1 par rapport à un plan (X, Y), c'est-à-dire un plan horizontal. Ces moyens de détection d'inclinaison, reliés aux moyens de commande 19 et positionnés préférentiellement sous l'assise 3 au niveau du centre de cette dernière, comprennent par exemple un gyromètre ou un gyroscope.

[0033] Ainsi, les moyens de commande 19 sont aptes à contrôler les actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d et 10a - 10d pour ajuster la position des roues 11a - 11d en contact avec le sol 16, 17, 34, 36 de sorte que l'angle d'inclinaison de l'assise 3 par rapport au plan horizontal (X, Y) soit inférieur à une valeur d'angle déterminée et enregistrée dans l'espace mémoire des moyens de commande 19. Ceci permet aux moyens de commande 19, par le biais du pilotage des actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d, de contrôler l'horizontalité de l'assise 3.

[0034] Ainsi, en fonction des ordres du passager, de l'état du système et des obstacles 33, 35 de l'environnement comme évoqué plus haut, le calculateur des moyens de commande 19 est adapté pour élaborer et envoyer les commandes appropriées aux différents actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d, 10a - 10d des jambes 6a - 6d et aux moteurs des roues 11a - 11d.

[0035] La coordination des jambes 6a - 6d et des roues 11a - 11d est en outre effectuée par le calculateur. Il n'est donc pas nécessaire que le passager ou l'utilisateur se préoccupe de commander chaque actionneur ou moteur de roue 11a - 11d, ou d'assurer la stabilité du fauteuil 1.

[0036] Pour résumer, toutes les commandes de bas niveau (commande des actionneurs 90a - 90d, 100a - 100d et des moteurs de roues 11a - 11d), de niveau moyen (notamment coordination des jambes 6a - 6d, consignes à destination des actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d, surveillance de la stabilité du fauteuil 1) sont assurées par le calculateur des moyens de commande 19 grâce à des boucles de rétroaction. Seuls les ordres simples et de haut niveau, c'est-à-dire avancer, stopper, tourner, reculer, monter ou descendre l'assise, sont donnés par le passager via le pupitre de commande 13.

[0037] En référence aux figure 1 à 3, le mode de roulage en terrain plat 34 du fauteuil 1 de l'invention est identique à celui d'un fauteuil roulant électrique 1 classique : les jambes 6a - 6d supportant les roues 11a - 11d sont au repos, c'est-à-dire que le fauteuil 1 est dans une position basse, et seuls les moteurs de roues 11a - 11d sont activés. Le système de vision 15 n'est pas nécessaire pour ce mode de roulage.

[0038] Les figures 6 et 7 représentent le fauteuil 1 lorsque l'assise 3 est dans sa position surélevée. Pour permettre au fauteuil 1 de passer de sa position basse à cette position surélevée, et sur ordre du passager, les moyens de commande 19 pilotent les actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d, 10a - 10d des quatre jambes 6a - 6d pour permettre leur extension

synchronisée, de sorte que l'assise 3 demeure horizontale. Cela permet au final de surélever le passager.

[0039] Il est intéressant de noter que grâce à la boucle de rétroaction considérée, les moyens de commande 19 sont aptes à compenser une perte d'horizontalité en accentuant le mouvement sur l'une ou plusieurs des jambes 6a - 6d du fauteuil 1.

[0040] Cette boucle de rétroaction, permettant de maintenir l'horizontalité de l'assise 3, est également utilisée par lesdits moyens de commande 19 lors d'un déplacement sur terrain pentu 16 ou en dévers 17, comme représenté aux figures 4 et 5.

[0041] Dans un premier temps, le calculateur détecte l'inclinaison de l'assise 3 grâce aux informations provenant des moyens de détection d'inclinaison.

[0042] Dans un deuxième temps, le calculateur corrige l'inclinaison de l'assise 3, et donc du fauteuil 1, en commandant les actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d, 10a - 10d pour allonger les jambes 6a - 6d du côté où le fauteuil 1 penche, et ainsi rétablir l'horizontalité de l'assise 3, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'angle d'inclinaison soit inférieure à la valeur déterminée enregistrée dans l'espace mémoire des moyens de commande 19.

[0043] Les quatre jambes 6a - 6d permettent donc de corriger l'assiette en roulis et tangage et donc de garder l'assise 3 horizontale :

- dans une montée ou dans une descente 16 (figure 4), le tangage étant corrigé par la différence de longueur des jambes avant 6a, 6b et arrière 6c, 6d,
- sur un sentier en dévers 17 (figure 5), le roulis étant corrigé par la différence de longueur des jambes gauches 6b, 6c et des jambes droites 6a, 6d.

[0044] La détection de l'inclinaison et la correction de l'inclinaison est en outre effectuée en temps réel, ce qui assure un maintien de l'horizontalité de l'assise même en cas de variation continu de la pente ou du devers du terrain 16, 17.

[0045] Un autre aspect de l'invention concerne le franchissement d'obstacles 33, 35 variés, qu'il s'agisse de creux, de bosses 33, de marches d'escalier 36, voire l'entrée du fauteuil 1 dans un coffre d'automobile sans assistance. Cette autonomie du fauteuil 1 et du passager dans le franchissement des différents obstacles est assurée d'une part par la possibilité pour le calculateur de piloter les actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d, 10a - 10d et les moteurs des roues 11a - 11d indépendamment les uns des autres, et d'autre part par le maintien de la stabilité du fauteuil 1 même lorsque l'une des roues 11a - 11d n'est pas en contact avec le sol 16, 17, 34, 36.

[0046] Pour assurer la stabilité du fauteuil 1 en toute circonstance et en référence à la figure 8A, le calculateur détermine en temps réel l'évolution de la position du centre de gravité 18 du fauteuil 1.

[0047] Dans un premier temps, le calculateur détermine la position du centre de gravité 18 du fauteuil 1, dépendant directement des dimensions et masses des éléments constituant le fauteuil 1 et de la position des jambes 6a - 6d et des roues 11a - 11d. Ainsi, grâce aux informations d'une part enregistrées dans l'espace mémoire des moyens de commande 19 et d'autre part provenant des capteurs de position associés aux actionneurs 90a - 90d, 100a - 100d des articulations considérées 9a - 9d et 10a - 10d, le calculateur connaît les coordonnées du centre de gravité 18 dans le référentiel du fauteuil 1, c'est-à-dire relativement aux roues 11a-11d.

[0048] Dans un second temps, le calculateur va détecter quelles roues 11a - 11d sont en appui sur le sol 16, 17, 34, 36 en utilisant l'information provenant des capteurs de force, et définir les coordonnées d'un polygone de sustentation 30 formé par la projection des coordonnées, dans le référentiel (X, Y, Z) du fauteuil 1, des roues 11ap, 11bp, 11cp, 11dp en contact avec le sol dans le plan horizontal. Par exemple dans le cadre d'un fauteuil 1 à quatre roues (11a - 11d) dont l'une des roues est soulevée, le calculateur définit le triangle de sustentation 32 formée par la projection des coordonnées, dans le référentiel (X, Y, Z) du fauteuil 1, des trois roues restées en contact avec le sol dans le plan horizontal

[0049] Dans un troisième temps, les moyens de commande 19 actionnent les actionneurs 90a - 90d, 100a - 100d de sorte que les coordonnées projetées 18p dans ledit plan horizontal du centre de gravité 18 du fauteuil 1 soient incluses dans le polygone de sustentation 30. En effet, la présence des coordonnées projetées du centre de gravité 18p à l'intérieur du polygone de sustentation 30 assure l'équilibre stable du fauteuil 1, et il n'existe dans ces conditions aucun risque de renversement ou basculement dudit fauteuil 1. On considère que le centre de gravité projeté 18p est également inclus dans le polygone de sustentation 30 si ledit centre de gravité projeté 18p est situé sur un des côtés dudit polygone de sustentation 30.

[0050] Ces trois étapes successives décrites ci-dessus sont répétées de sorte que la détermination des coordonnées du centre de gravité 18p et le maintien de sa position dans le polygone de sustentation 30 soient réalisées en temps réel, suivant la boucle de rétroaction considérée.

[0051] De la sorte, et comme on le verra dans la suite de la description, l'équilibre stable du fauteuil 1 est assuré en toute circonstance, et particulièrement lors de franchissement d'obstacles.

[0052] Néanmoins, pour pouvoir évaluer le changement de position du centre de gravité 18, il est nécessaire que le calculateur détermine préalablement les coordonnées initiales du centre de gravité 18 du fauteuil 1, en particulier lorsqu'un passager est présent sur l'assise 3.

[0053] Ainsi, préalablement aux trois étapes décrites ci-dessus, le calculateur met en œuvre une étape préliminaire, par exemple en début de mission, qui permet de déterminer les coordonnées initiales du centre de gra-

tivité 18, cette étape préliminaire comportant les sous-étapes successives suivantes.

[0054] Au cours de la première sous-étape, alors que les quatre roues 11a - 11d du fauteuil 1 sont en appui sur le sol 34 et que l'assise 3 est bien horizontale, les moyens de commande 19 pilotent les actionneurs 90a - 90b, 100a - 100b des articulations 9a - 9b, 10a - 10b des deux jambes avant 6a, 6b pour allonger ces dernières dans la direction longitudinale X, c'est-à-dire vers l'avant du fauteuil 1. De la sorte, le centre de gravité 18 du véhicule 1 est situé au voisinage de la partie arrière 23 du véhicule 1.

[0055] Au cours de la deuxième sous-étape, les moyens de commande 19 pilotent les actionneurs considérés 90a, 90b, 100a, 100b pour soulever l'une des deux jambes allongées 6a, 6b durant la première sous-étape. A titre d'exemple, c'est la jambe avant droite 6a qui est soulevée et à fortiori la roue associée 11a.

[0056] Au cours de la troisième sous-étape, les moyens de commande 19 pilotent les actionneurs 90b, 100b de la jambe allongée 6b dont la roue 11b est en appui sur le sol 34, de manière à la replier vers la structure mécanique 2. Il s'agit donc ici de la jambe avant gauche 6b. La roue considérée 11b en appui sur le sol 34 se déplace donc progressivement selon la direction longitudinale X vers le fauteuil 1. Ainsi, à mesure que cette roue 11b se rapproche du fauteuil 1, elle se rapproche du centre de gravité 18.

[0057] Au cours de la quatrième sous-étape, alors que la jambe avant gauche 6b poursuit son déplacement vers le fauteuil 1, un basculement de l'assise 3 vers l'avant se produit à un instant donné. A cet instant donné, le calculateur détecte une variation d'angle entre l'assise 3 et le plan horizontal qui est supérieure à une valeur déterminée enregistrée dans l'espace mémoire des moyens de commande 19, le calculateur utilisant les données provenant des moyens de détection d'inclinaison de l'assise 3. Le calculateur enregistre alors à cet instant donné les coordonnées des roues en appui sur le sol 34. Dans ce cas précis, il s'agit de la roue avant gauche 11b et des roues arrière 11c, 11d.

[0058] Or, à l'instant où l'assise 3 bascule vers l'avant, le centre de gravité est positionné au centre du segment de droite qui s'étend depuis la roue avant 11b en appui sur le sol 34 jusqu'à la roue arrière 11d du coté latéral opposé. Il s'agit donc ici de la roue avant gauche 11b et de la roue arrière droite 11d. Le calculateur attribue alors des coordonnées au centre de gravité 18 du fauteuil 1 relativement aux coordonnées des trois roues 11b, 11c, 11d en appui sur le sol 34, lorsque le passager est installé sur l'assise 3, ces coordonnées formant les coordonnées initiales du centre de gravité 18.

[0059] Pour que cette étape préliminaire soit réalisée en toute sécurité, la manœuvre est effectuée sur terrain plat, et la roue considérée 11a - 11d n'est soulevée que de quelques centimètres au cours de la première sous-étape.

[0060] Bien entendu, il est possible de réaliser cette

étape préliminaire en éloignant en premier lieu les jambes arrière 6c, 6d plutôt que les jambes avant 6a, 6b au cours de la première sous-étape. La mise en œuvre de cette étape préliminaire reste sensiblement la même, les moyens de commande 19 adaptant dans ce cas le contrôle des actionneurs considérés et la détermination des coordonnées des roues considérées.

[0061] Enfin, cette étape préliminaire de détermination des coordonnées initiales du centre de gravité 18 du fauteuil 1, qui peut être considérée comme une étape de calibration, peut être effectuée à tout moment par le passager en lançant via le pupitre de commande 13 un programme adapté et enregistré dans l'espace mémoire des moyens de commande 19, ce programme mettant en œuvre l'étape préliminaire décrite ci-dessus.

[0062] Cette étape de calibration peut également être effectuée à tout moment par le calculateur, qui observe la dynamique des moyens de détection de l'inclinaison du fauteuil et calcule la dynamique théorique du centre de gravité 18 à partir de ses coordonnées initiales mémorisées et des positions des actionneurs au cours de la mission de déplacement et franchissement d'obstacle. Lorsqu'une incohérence est détectée au-dessus d'un seuil mémorisé dans les moyens de commande 19, le calculateur peut alors déclencher un recalage du centre de gravité 18 selon l'étape de calibration décrite ci-dessus.

[0063] En référence au figure 8A à 8C, un procédé de maintien de la stabilité du fauteuil 1 en cas de soulevé d'une des roues 11a - 11d avant du fauteuil 1 va être décrit. On admettra dans la suite l'abus de langage consistant à simplement citer le centre de gravité 18, et non plus ses coordonnées projetées 18p, afin d'assurer la clarté lors de la lecture.

[0064] Le fauteuil 1 étant dans une position représentée sur la figure 8A, c'est-à-dire avec les quatre roues 11a - 11d en appui, le polygone de sustentation 30 est un quadrilatère 31 et le centre de gravité 18p se trouve sensiblement au niveau du croisement des diagonales 31a du quadrilatère 31 pour une stabilité optimale du fauteuil 1. Il est bien entendu évident pour l'homme du métier que pour un fauteuil comprenant un nombre différent de roues, par exemple six, alors le polygone de sustentation dans ce cas précis, où toutes les roues sont en contact avec le sol, sera un hexagone. En généralisant, si le fauteuil comprend N roues et dans le cas où toutes les roues sont en contact avec le sol, le polygone de sustentation est un polygone de N sommets.

[0065] Préalablement au soulèvement de la roue avant droite 11a (figure 8B), le calculateur sélectionne les roues qui vont rester en contact avec le sol afin de définir les coordonnées du triangle de sustentation correspondant 32. Puis, les moyens de commande 19 vont commander les actionneurs correspondants pour déplacer le centre de gravité 18p dans le nouveau polygone de sustentation 30, à savoir le triangle 32 formé par la projection des coordonnées des roues qui resteront au final en contact avec le sol 34, c'est-à-dire les deux roues arrière 8c, 8d

et la roue avant gauche 8b (figure 8C). La figure 8B montre bien que les moyens de commande 19 pilotent le déplacement de l'assise 3 du fauteuil 1 vers les roues arrière 8c, 8d (par éloignement des premiers segments 7a, 7b et seconds segments 8a, 8b des jambes avant 6a, 6b et éloignement des premiers segments 7c, 7d et seconds segments 8c ; 8d des jambes arrière 6c, 6d), ce qui déplace d'autant le centre de gravité 18.

[0066] Dès que le calculateur calcule que le centre de gravité 18p est bien compris dans le triangle de sustentation 32 préalablement défini, alors les moyens de commande 19 pilotent le soulèvement de la roue avant droite 11a.

[0067] Comme le montre les figures 8D et 8E, n'importe quelle roue 11a - 11d du fauteuil 1 peut être soulevée indépendamment des autres, du moment que les moyens de commande 19 permettent le déplacement préalable du centre de gravité 18p dans le nouveau triangle de sustentation considéré 32 suite au soulevé de la roue correspondante.

[0068] Ce procédé fondamental, permettant de maintenir la stabilité du fauteuil 1, permet de lever n'importe quelle jambe 6a - 6d du fauteuil 1, dans la mesure où les moyens de commande 19 assurent pour le fauteuil 1 sa mise en situation de stabilité statique sur les trois roues restées en appui sur le sol. Une sécurité permanente et optimale est ainsi assurée au passager du fauteuil 1, que ce dernier soit en condition de roulage simple ou de franchissement d'obstacles.

[0069] Il est bien entendu évident pour l'homme du métier que pour un fauteuil comprenant un nombre différent de roues, par exemple six, alors le polygone de sustentation dans ce cas précis, où l'une des roues est destinée à être soulevée, sera un pentagone. En généralisant, si le fauteuil comprend N roues et dans le cas où l'une des roues est destinée à être soulevée du sol, le polygone de sustentation en résultant comprend N-1 sommets.

[0070] En référence aux figures 9A à 9D, un procédé de franchissement d'un obstacle unique 33, par exemple une marche, un trottoir, ou le plancher du coffre arrière d'un véhicule automobile est réalisé comme suit pour un fauteuil 1 en déplacement continu durant tout le franchissement de l'obstacle 33.

[0071] Dans une première étape, le système de vision 3D 15 détecte la présence d'un obstacle 35 dans la direction de déplacement du fauteuil 1, par exemple vers l'avant du fauteuil 1 quand celui-ci est en marche avant, comme représenté figure 9A. En l'occurrence, l'obstacle 33 étant une marche, les moyens de commande 19 vont piloter le déplacement du fauteuil 1 vers sa position surélevée, tel que cela a été décrit précédemment. Cette étape d'élévation n'a pas lieu dans le cas du franchissement d'un caniveau.

[0072] Le calculateur commande à partir des informations provenant du système de vision 15 les coordonnées dans le référentiel du fauteuil 1 de l'obstacle 33, pour obtenir au moins une donnée de hauteur (coordonnée verticale) et la distance séparant l'obstacle 33 de la roue

la plus proche dudit obstacle 33. Le calculateur détermine ainsi en temps réel cette distance séparant l'obstacle 33 de la roue 11a - 11d. Il détermine également si la hauteur de l'obstacle 33 permet de laisser passer la partie avant 23 et le cale-pieds 5 du fauteuil 1. Typiquement, la hauteur maximale d'un objet 33 pouvant être franchi est de l'ordre de l'addition des longueurs du premier segment 7a - 7d et du deuxième segment 8a - 8d.

[0073] Dans une deuxième étape, dès que la distance entre la roue la plus proche 11a de l'obstacle 33 et ledit obstacle est inférieure ou égale à une valeur déterminée enregistrée dans l'espace mémoire des moyens de commande 19, ces derniers commandent le lever de la roue considérée 11a de sorte que cette dernière se retrouve au-dessus du sommet de l'obstacle 33, la jambe 6a associée à cette roue 11a étant déplacée dans une position en extension sensiblement horizontal, et le fauteuil 1 continuant à se déplacer vers l'obstacle 33. En référence à la figure 9B, il s'agit ici de la roue avant droite 11a.

[0074] Pendant la levée de la roue avant droite 11a, les moyens de commande 19 continuent d'agir sur les actionneurs 90b - 90d et 100b - 100d des jambes 6b - 6d dont les roues 11b - 11d sont toujours en appui sur le sol 34 de manière à continuer à surélever l'assise 3, et continuent également sur les moteurs des roues 11a - 11d pour que le fauteuil 1 continue à avancer. Ainsi, l'avancée du fauteuil 1 et la montée de la roue 11a se font de façon continue, sans à-coup.

[0075] Dans une troisième étape, dès que le calculateur détecte la présence de la roue avant droite 11a levée au-dessus de l'obstacle 33, les moyens de commande 19 pilotent le poser de ladite roue 11a sur le sommet de l'obstacle 33 (figure 9B). Pendant ce mouvement, le fauteuil 1 reste en permanence en situation de stabilité statique sur les trois autres roues 11b - 11d en appui au sol 34, tel que cela a été décrit ci-dessus pour le procédé de maintien de la stabilité du fauteuil 1.

[0076] Le mouvement est similaire dans le cas d'un obstacle vers le bas : lever la roue 11a et poser sur la marche en dessous ou dans le caniveau. Dans tous les cas, l'avancée du fauteuil 1 et la descente de la roue 11a se font de façon continue, sans à-coups.

[0077] Lorsque le calculateur détecte que la roue avant droite 11a vient en appui sur le sommet de l'obstacle 33, via le capteur de force considéré, les moyens de commande 19 répètent les deuxième et troisième étapes du procédé pour la roue suivante 11b la plus proche de l'obstacle 33 et ne l'ayant pas encore franchi. En référence à la figure 9C, il s'agit de la roue avant gauche 11b. Les conditions de stabilité et de progression du fauteuil sont identiques à ce qui a été décrit pour la roue avant droite 11a.

[0078] Dans une quatrième étape, et en référence à la figure 9C en transition vers 9D, lorsque la partie avant 23 du fauteuil 1 et son cale-pieds 5 ont franchi le sommet de l'obstacle 33, les moyens de commande 19 diminuent l'allongement des jambes avant 6a, 6b en ralentissant l'avancée des roues avant 11a, 11b par rapport aux roues

arrière 11c, 11d, afin de décentrer le centre de gravité 18 vers l'avant selon le procédé de maintien de la stabilité du fauteuil 1.

[0079] Afin d'éviter un choc entre la partie avant 23 du fauteuil 1 et l'obstacle 33, la distance verticale séparant le sommet de l'obstacle 33 de la partie inférieure du cale-pieds 5 est supérieure ou égale à une marge dont la valeur est enregistrée dans l'espace mémoire. Dans le cas d'une descente dans un caniveau par exemple, c'est la distance verticale séparant le sommet de l'obstacle 33 de la partie inférieure de l'arrière 20 du fauteuil 1 qui est supérieure ou égale à la marge.

[0080] Dans une cinquième étape, lorsque le centre de gravité 18p est dans le triangle de sustentation 32 des deux roues avant 11a, 11b avec la roue arrière 11c en appui sur le sol 34, les moyens de commande 19 pilotent le lever puis le poser de l'autre roue arrière 11d sur l'obstacle 33 en jouant sur les actionneurs 90d et 100d de la jambe considérée 6d.

[0081] Enfin, cette cinquième étape est répétée pour le franchissement de la dernière roue 11c, c'est-à-dire la roue arrière gauche 11c. Bien entendu, avant le lever de cette dernière roue 11c, les moyens de commande 19 ont piloté le déplacement du centre de gravité 18p dans le triangle de sustentation 32 dont les sommets sont représentés par les points d'appui des trois autres roues 11a, 11b, 11d sur le sommet de l'obstacle 33.

[0082] Ainsi, tout en soulevant une roue 11a - 11d à la fois, les moyens de commande 19 ont permis au fauteuil de franchir sans difficulté l'obstacle unique 33, de façon fluide et sans à-coups ni chocs.

[0083] Comme évoqué ci-dessus, le fauteuil de l'invention est également capable de monter ou descendre des escaliers 35. En référence aux figures 10A à 10F, un procédé de montée d'un escalier 35 est réalisé comme suit pour un fauteuil 1 en déplacement continue durant toute la montée de l'escalier 35.

[0084] Les figures 10A à 10F décrivent ainsi un exemple nullement limitatif de franchissement cinématique permettant de franchir en montée un escalier 35 par succession d'étapes en situation de stabilité statique permanente en appliquant le procédé de maintien de la stabilité tel que décrit ci-dessus. Les quatre premières étapes définies ci-après ne sont cependant pas représentées sur les figures 10A à 10F.

[0085] Dans une première étape, à l'approche de l'escalier 35, le système de vision 3D 15 détecte la présence dudit escalier 35 en avant du fauteuil 1. En l'occurrence, les moyens de commande 19 vont piloter le déplacement du fauteuil 1 vers sa position surélevée, tel que cela a été décrit précédemment. Cette étape d'élévation n'a pas lieu dans le cas non représenté de la descente d'un escalier 35.

[0086] Le calculateur commande à partir des informations provenant du système de vision 15 les coordonnées dans le référentiel du fauteuil des premières marches 36, pour obtenir au moins une donnée de hauteur (coordonnée verticale) de chaque marche, la profondeur de cha-

que marche 36 et la distance séparant la première marche de la roue la plus proche de cette marche. Le calculateur détermine ainsi en temps réel cette distance séparant la première marche de la roue. Il détermine également si la hauteur de la marche permet de laisser passer la partie avant 23 et le cale-pieds 5 du fauteuil 1.

[0087] Dans une deuxième étape, dès que la distance entre la roue la plus proche de la marche et ladite marche 36 est inférieure ou égale à une autre valeur déterminée enregistrée dans l'espace mémoire des moyens de commande 19, ces derniers pilotent le lever de la roue considérée 11a - 11d de sorte que cette dernière se retrouve au-dessus du sommet de la marche 36. Il s'agira la plupart du temps d'une roue avant 11a, 11b, car le fauteuil 1 est adapté pour emprunter les escaliers 35 en avançant, que ce soit à la montée ou à la descente.

[0088] Pendant la levée de la première roue avant 11a, les moyens de commande continuent d'agir sur les actionneurs 90b - 90d et 100b - 100d des jambes 6b, 6c, 6d dont les roues 11b, 11c, 11d sont toujours en appui sur le sol de manière à continuer à surélever l'assise 3, mais également sur les moteurs des roues 11a - 11d pour que le fauteuil 1 continue à avancer. Ainsi, l'avancée du fauteuil 1 et la montée de la roue 11a se font de façon continue, sans à-coup.

[0089] Dans une troisième étape, dès que le calculateur détecte la présence de la roue avant droite levée 11a au-dessus de la première marche 36, les moyens de commande 19 pilotent le poser de ladite roue 11a sur le sommet de la marche considérée 36. Pendant ce mouvement, le fauteuil 1 reste en permanence en situation de stabilité statique sur les trois autres roues 11b, 11c, 11d en appui au sol, tel que cela a été décrit ci-dessus pour le procédé de maintien de la stabilité du fauteuil 1.

[0090] Le mouvement est similaire dans le cas d'une première marche 36 vers le bas : lever la roue 11a et poser sur la marche en dessous 36. Dans tous les cas, l'avancée du fauteuil 1 et la descente de la roue se font de façon continue, sans à-coups.

[0091] Dans une quatrième étape, lorsque le calculateur détecte que la première roue 11a avant vient en appui sur le sommet de la première marche 36, via le capteur de force considéré, les moyens de commande 19 pilotent les actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d de sorte que la structure mécanique 2 du fauteuil avance au-dessus de la première marche 36. Cela signifie que la hauteur du cale-pieds 5 est supérieure à la hauteur de la contremarche 37 de la marche considérée 36, pour éviter tout choc entre le cale-pieds 5 et la marche suivante 36, soit la seconde marche.

[0092] Le calculateur répète alors les deuxième, troisième et quatrième étapes du procédé pour la roue suivante la plus proche 11b de la première marche 36 et ne l'ayant pas encore franchie, c'est à dire l'autre roue avant 11b. Les conditions de stabilité et de progression du fauteuil 1 sont identiques à ce qui a été décrit pour la roue avant droite 11a.

[0093] Tant que la profondeur de la marche 36 est in-

férieure à la distance séparant la roue arrière la plus proche 11c, 11d de la contremarche 37 de la première marche 36, les deuxième, troisième et quatrième étapes précédentes sont répétées de sorte que seules les deux roues avant 11a, 11b sont successivement posées sur les marches de l'escalier 35. Le nombre de marches 36 qui seront, dans un premier temps, franchies uniquement par les roues avant 11a, 11b dépend de la raideur de l'escalier 5.

[0094] En référence à la figure 10A, dès que la distance séparant la roue arrière la plus proche 11c, 11d de la contremarche 37 devient inférieure ou égale à la profondeur de la marche 36 sur laquelle repose les deux roues avant 11a, 11b, alors le moyen de commande 19 initie les étapes suivantes du procédé consistant à monter l'escalier 35 à l'aide des quatre roues 11a - 11d, les roues arrière 11c, 11d du fauteuil 1 ne pouvant désormais plus rouler.

[0095] Le calculateur mémorise de proche en proche la profondeur et la hauteur de contremarche 37 de chaque marche 36. En outre, les moteurs des quatre roues 11a - 11d sont commandés pour bloquer lesdites roues 11a - 11d.

[0096] Dans une cinquième étape, représentée figure 10A, les moyens de commande 19 mettent en œuvre le procédé de maintien de stabilité pour déplacer le centre de gravité 18p du fauteuil dans le triangle de sustentation 32 formé par les projections des deux roues avant 11ap, 11bp et de la roue arrière restant en appui sur le sol, soit la roue arrière gauche 11cp.

[0097] Dans une sixième étape, les moyens de commande 19 pilotent alors le lever de la roue arrière droite 11d, le fauteuil 1 étant en stabilité sur les trois autres roues 11a - 11c. Par commandes simultanées sur les actionneurs 90d, 100d de la jambe arrière droite 6d, il réalise ainsi pour cette roue 11d les trois sous-étapes successives :

- Lever vertical un peu plus haut que la marche 36 à franchir ;
- Avancée horizontale au-dessus de la marche 36 à franchir ;
- Descente verticale jusqu'au poser sur la marche 36 ainsi franchie, le poser étant détecté par le capteur de force correspondant.

[0098] Le fauteuil 1 arrive ainsi à la position illustrée par la figure 10B, à partir de laquelle la septième étape du procédé est mise en œuvre pour déplacer le centre de gravité 18p du fauteuil 1 dans le triangle de sustentation 32 formé par les projections des deux roues arrière 11cp, 11dp et de la roue avant 11bp restant en appui sur le sol, soit la roue avant gauche. En effet, les moyens de commande 19 stabilisent le fauteuil avant le lever de la roue avant droite 11a selon le procédé de maintien de la stabilité du fauteuil 1 décrit ci-dessus.

[0099] De la même manière qu'à l'étape précédente, les moyens de commande 19 pilotent alors le lever de la roue avant droite 11a, le fauteuil étant en stabilité sur les trois autres roues 11b - 11c. Par commandes simultanées sur les actionneurs 90a, 100a de la jambe avant droite 11a, les moyens de commande 19 réalisent ainsi pour cette roue 11a les trois sous-étapes successives décrites à l'étape précédente.

[0100] Le fauteuil 1 arrive ainsi à la position illustrée par la figure 10C, et dans laquelle le centre de gravité 18p est dans la partie arrière du quadrilatère de sustentation 31. La huitième étape du procédé est alors mise en œuvre pour déplacer le centre de gravité 18p du fauteuil dans le triangle de sustentation 32 formé par les projections des deux roues avant 11ap, 11bp et de la roue arrière restant en appui sur le sol, soit la roue arrière droite 11dp. En effet, les moyens de commande 19 stabilisent le fauteuil 1 avant le lever de la roue arrière gauche 11c, selon le procédé de maintien de stabilité. Le fauteuil 1 se retrouve alors dans la position illustrée figure 10D.

[0101] De la même manière qu'à la sixième étape, les moyens de commande 19 pilotent alors le lever de la roue arrière gauche 11c, le fauteuil 1 étant en stabilité sur les trois autres roues 11a, 11b, 11d. Par commandes simultanées sur les actionneurs 90a, 100a de la jambe avant droite 6a, les moyens de commande 19 réalisent ainsi pour cette roue 11a les trois sous-étapes successives décrites à l'étape six.

[0102] Le fauteuil arrive ainsi à la position illustrée par la figure 10E, et dans laquelle les moyens de commande 19 prévoyant le mouvement de la roue avant gauche 11b. Le centre de gravité 18p étant déjà dans le triangle de sustentation 32 formé par les projections des deux roues arrière 11cp, 11dp et de la roue avant droite 11ap, les moyens de commande 19 n'ont pas besoin de commander le déplacement dudit centre de gravité 18 avant le lever de la roue considérée 11b.

[0103] De la même manière qu'à la sixième étape, les moyens de commande 19 pilotent alors le lever de la roue avant gauche 11b, le fauteuil 1 étant en stabilité sur les trois autres roues 11a, 11c, 11d. Par commandes simultanées sur les actionneurs 90a, 100a de la jambe avant droite 6a, les moyens de commande 19 réalisent ainsi pour cette roue 11a les trois sous-étapes successives décrites à l'étape six.

[0104] Le fauteuil 1 arrive ainsi à la position illustrée par la figure 10F, et dans laquelle le centre de gravité 18p est dans la partie arrière du quadrilatère de sustentation 31. La neuvième étape du procédé est alors mise en œuvre pour déplacer le centre de gravité 18p du fauteuil 1 dans le triangle de sustentation 32 formé par les projections de deux roues avant 11ap, 11bp et la roue arrière restant en appui sur le sol, soit la roue arrière gauche 11cp. En effet, les moyens de commande 19 stabilisent le fauteuil 1 avant le lever de la roue arrière droite 11d, selon le procédé de maintien de stabilité. Le fauteuil 1 se retrouve alors de nouveau dans la position

illustrée figure 10A, et le cycle recommence tant que l'escalier 35 n'est pas totalement franchi.

[0105] Bien que non représenté, ce procédé s'applique également pour la descente d'un escalier 35, et les étapes décrites ci-dessus s'appliquent sensiblement de la même manière, à la différence près qu'à la sixième étape, les moyens de commande 19 pilotent le lever de la roue considérée, le fauteuil 1 étant en stabilité sur les trois autres roues. Par commandes simultanées sur les actionneurs de la roue considérée, il réalise ainsi pour cette roue les trois sous-étapes successives :

- Lever vertical de sorte que le capteur de force correspondant ne ressente plus le contact de la roue sur la marche 36 ;
- Avancée horizontale au-dessus de la marche 36 située en dessous ;
- Descente verticale jusqu'au poser sur la marche ainsi franchie, détecté par le capteur de force considéré.

[0106] Tout du long des étapes du procédé décrit ci-dessus, les moyens de commande pilotent l'ensemble des actionneurs 90a - 90d et 100a - 100d des articulations 9a - 9d, 10a - 10d pour faire monter ou descendre le fauteuil 1 tandis que ce dernier demeure stable et l'assise 3 demeure horizontale.

[0107] La limite pour le franchissement d'un escalier 35 par le fauteuil 1 de l'invention n'est pas déterminée par la hauteur de chaque marche 36 ou par la limite d'adhérence d'une chenille sur deux nez de marche 36 successifs, comme c'est notamment le cas dans les documents de l'art antérieur, mais seulement par la pente moyenne de l'escalier 35 : la seule condition limitante est d'assurer l'horizontalité de l'assise 3 par la compensation de la pente de l'escalier 35 grâce à la différence entre la rétractation des jambes avant 6a, 6b (ou arrière 6c, 6d pour la descente) et l'extension des jambes arrière 6c, 6d (ou avant 6a, 6b pour la descente).

[0108] Par ailleurs, le fauteuil de l'invention permet de fixer les éléments lourds du fauteuil 1 sous l'assise 3, baissant ainsi le centre de gravité 18 du fauteuil et améliorant sa stabilité. En outre, grâce au montage des premiers segments 7a - 7d sur l'extérieur 200 de la structure mécanique 2, la stabilité latérale du fauteuil 1 est également améliorée puisque les points d'appui formés par les roues 11a - 11d sont en dehors du polygone formé par projeté sur le sol du plan de la partie inférieure 20 de la structure 2. Enfin, le fauteuil 1 de l'invention permet de franchir des obstacles 33 de grande dimension, dont les dimensions vont au-delà de celles des marches d'escaliers 36 ou des trottoirs.

[0109] Plus particulièrement, le fauteuil 1 de l'invention apporte les avantages suivants :

- Il permet une transition fluide entre la phase de roulage et la phase de franchissement du fauteuil 1 car

il opère tous les franchissements en marche avant et se configure en permanence et en continu grâce aux boucles de rétroaction ; il n'est donc pas nécessaire d'arrêter le fauteuil 1 pour passer d'une phase à l'autre ;

- Il permet un franchissement des obstacles 33, 35 en douceur grâce à son système de vision tridimensionnel qui permet de s'adapter à l'environnement sans aller au contact des obstacles ;
- Il permet le maintien horizontal en roulis et tangage en permanence, y compris en roulage, grâce au pilotage différentiel en rétractation / extension des quatre jambes 6a - 6d asservies sur le capteur d'inclinaison de l'assise ;
- Il permet le franchissement d'obstacles 33 de grande hauteur puisque la limite est de l'ordre de la hauteur des jambes 6a - 6d dépliées ; donc bien supérieur aux systèmes de l'art antérieur ;
- Il permet de traverser un obstacle en creux en passant d'un côté à l'autre sans avoir à descendre au fond grâce à l'allongement des jambes 6a - 6d en horizontal et au décentrage du centre de gravité 18 ;
- Il permet de surélever l'assise 3 à hauteur d'homme debout grâce à l'extension simultanée des quatre jambes 6a - 6d ;
- Il permet d'obtenir une excellente stabilité latérale grâce à la position de ses points d'appui, à l'extérieur du fauteuil ;
- Il permet d'obtenir une excellente stabilité grâce à un centre de gravité 18 abaissé par le positionnement bas, sous l'assise 3, des pièces lourdes comme la batterie (non représenté) ;
- Il permet de sécuriser la stabilité du fauteuil 1 en maintenant en permanence le fauteuil 1 en stabilité statique sur au moins trois appuis pendant les franchissements, et sur quatre appuis dans les autres situations ;
- Il assure à lui seul toutes les fonctionnalités ci-dessus. Il n'est donc pas nécessaire de compléter ce fauteuil 1 par un dispositif supplémentaire ni par une aide d'un tiers pour obtenir telle ou telle fonctionnalité.

[0110] La présente invention n'est nullement limitée à l'utilisation de cet exemple de processus de maintien permanent en condition de stabilité statique décrit et représenté. En effet, l'invention permet également d'effectuer les mouvements successifs de soulèvement de jambes et de roues dans un ordre différent ou de réaliser une

cinématique plus dynamique en acceptant des levers de roues en conditions légèrement instables statiquement mais contrôlées dynamiquement par la vitesse d'exécution et l'inertie d'ensemble du dispositif. Dans tous les cas, il existe une réserve de sécurité qui consiste à pouvoir reposer rapidement la roue 11a - 11d en cours de lever au cas où un mouvement de bascule est détecté par le capteur d'inclinaison.

[0111] Le véhicule d'aide à la mobilité 1 de l'invention n'est pas limité à un fauteuil roulant, mais peut également être une poussette d'enfants ou le cas échéant un chariot de transport de marchandises ou de personnes. La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et représenté, mais est définie par les revendications.

Revendications

1. Véhicule d'aide à la mobilité (1) adapté pour franchir des obstacles (33, 35), comprenant une structure mécanique (2) supportant au moins un plateau porteur (3), des moyens de commande (19), au moins quatre jambes articulées (6a, 6b, 6c, 6d) comprenant chacune des premier (7a, 7b, 7c, 7d) et second (8a, 8b, 8c, 8d) segments reliés entre eux par une première articulation motorisée (9a, 9b, 9c, 9d), une extrémité de chaque premier segment (7a - 7d) étant montée sur la structure mécanique (2), le véhicule (1) comprenant en outre des roues motorisées (11a, 11b, 11c, 11d) montées respectivement sur des extrémités libres respectives des seconds segments (8a - 8d), **caractérisé en ce que** :
 - i. chaque premier segment (7a - 7d) est monté sur l'un des côtés latéraux (200) de la structure mécanique (2) par une seconde articulation motorisée (10a, 10b, 10c, 10d), chaque côté latéral opposé (200) étant relié à au moins deux jambes (6a - 6d), et **en ce que**
 - ii. les moyens de commande (19) sont aptes à piloter indépendamment les unes des autres les premières (9a - 9d) et secondes (10a - 10d) articulations motorisées des jambes (6a - 6d), notamment en soulèvement successif des dites jambes (6a - 6d) pour franchir un obstacle (33, 35).
2. Véhicule (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** chaque premier segment (7a - 7d) est monté en partie inférieure de la structure mécanique (2).
3. Véhicule (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** chaque première et seconde articulation motorisée (9a - 9d, 10a - 10d) est entraînée par un actionneur dédié piloté par les moyens de commande (19), l'actionneur pouvant prendre la for-

me, par exemple, d'un moteur électrique ou d'un vérin hydraulique ou électrique.

4. Véhicule (1) selon la revendication 3, caractérisé en que les actionneurs comprennent chacun un capteur de position relié aux moyens de commande (19), de sorte que lesdits moyens de commande (19) connaissent et contrôlent en temps réel les coordonnées spatiales de chaque roue (11a - 11d) du véhicule (1) par rapport à la structure mécanique (2) du véhicule (1). 5
5. Véhicule (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens de détection d'inclinaison du plateau porteur (3) par rapport à un plan horizontal, ces moyens de détection d'inclinaison étant reliés aux moyens de commande (19), et **en ce que** les moyens de commande (19) sont aptes à contrôler les actionneurs pour ajuster la position des jambes (6a - 6d) dont les roues (11a - 11d) sont en contact avec le sol de sorte que l'angle d'inclinaison du plateau porteur (3) par rapport au plan horizontal soit inférieur à une valeur d'angle déterminée. 10 15 20
6. Véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** les moyens de commande (19) sont aptes à calculer en temps réel les coordonnées spatiales du centre de gravité (18) du véhicule (1) à partir des données provenant des capteurs de position des actionneurs. 25 30
7. Véhicule (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que**, préalablement au soulèvement d'une jambe (6a - 6d), les moyens de commande (19) sont aptes à contrôler la position du centre de gravité (18) du fauteuil en commandant les actionneurs pour modifier la position des jambes (6a - 6d), de sorte que les coordonnées projetées du centre de gravité (18p) dans le plan horizontal soient incluses dans un polygone de sustentation (30, 31, 32) défini par les coordonnées projetées des roues (11ap, 11bp, 11cp, 11dp) destinées à rester en contact avec le sol dans ledit plan après le soulèvement de la jambe considérée (6a - 6d). 35 40 45
8. Véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un système de vision tridimensionnelle (15) piloté par les moyens de commande (19) et adapté pour détecter au moins un obstacle (33, 34) à franchir par le véhicule (1), le système de vision (15) permettant de déterminer la distance de l'obstacle (33, 35) au véhicule et au moins une coordonnée verticale de l'obstacle représentant sa hauteur. 50
9. Véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les articulations (9a - 9d, 10a - 10d) des jambes (6a - 6d) 55

comprennent chacune au moins un axe de rotation sensiblement horizontal et transversal.

10. Véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le plateau porteur (3) est une assise dudit véhicule (1).
11. Procédé de franchissement contrôlé d'obstacle par soulèvement successif des jambes (6a - 6d) d'un véhicule (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins les étapes successives :
 - i. de détermination par les moyens de commande (19) des coordonnées du centre de gravité (18) du véhicule en fonction des différentes données provenant des capteurs de position des actionneurs, et en fonction des dimensions et masses des éléments constituant le véhicule (1) et le cas échéant portés par ledit véhicule (1) ;
 - ii. de détection par les moyens de commande (19) des roues (11a - 11d) en appui sur le sol en fonction des données fournies par des capteurs de force respectivement solidaires des roues (11a - 11d) et de sélection par les moyens de commande (19) des roues (11a - 11d) qui vont rester en appui sur le sol après soulèvement de la roue à lever ;
 - iii. de définition des coordonnées d'un polygone de sustentation (30, 31, 32) formé par la projection des coordonnées des roues (11ap - 11dp) restant en contact avec le sol dans le plan horizontal ;
 - iv. d'actionnement par les moyens de commande (19) des actionneurs pour déplacer le centre de gravité de sorte que ses coordonnées projetées soient incluses dans le polygone de sustentation (30, 31, 32) défini précédemment, et
 - v. de soulèvement, par les actionneurs considérés pilotés par les moyens de commande (19), de la roue (11a - 11d) considérée.
12. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les étapes successives i à iv sont répétées en boucle de sorte que la détermination des coordonnées du centre de gravité (18) et le maintien de sa position dans le polygone de sustentation correspondant (30, 31, 32) soient réalisées en temps réel et à chaque étape de la boucle.
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** le polygone de sustentation (30, 32) défini préalablement au lever de la roue considérée (11a - 11d) est un triangle (32), le véhicule (1) comprenant quatre jambes (6a - 6d).
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape préliminaire de déter-

mination des coordonnées initiales du centre de gravité (18) du véhicule (1) comportant au moins les sous-étapes successives :

- i. d'actionnement par les moyens de commande (19) des actionneurs (90a - 90d, 100a - 100d) des articulations (9a - 9d, 10a - 10d) des deux jambes avant ou arrière (6a - 6d) pour allonger ces dernières dans la direction longitudinale (X), de sorte que le centre de gravité (18) du véhicule (1) soit situé au voisinage de l'une des parties avant (23) ou arrière (22) du véhicule (1), les roues (11a - 11d) étant toutes en appui sur le sol (34) et le plateau porteur (3) étant horizontal ;
- ii. de soulèvement, par les actionneurs considérés (90a - 90d, 100a - 100d) pilotés par les moyens de commande (19), de l'une des deux jambes (6a - 6d) allongées du véhicule (1) pour soulever la roue considérée (11a - 11d) ;
- iii. d'actionnement par les moyens de commande (19) des actionneurs (90a - 90d, 100a - 100d) des articulations (9a - 9d, 10a - 10d) de la jambe (6a - 6d) allongée dont la roue est en appui sur le sol (34), de manière à la rapprocher progressivement du véhicule (1) ;
- iv. de détermination par les moyens de commande (19) des coordonnées des roues (11a - 11d) en appui sur le sol (34) à partir des données provenant des capteurs de position des articulations (9a - 9d, 10a - 10d) au moment où l'angle d'inclinaison du plateau porteur (3) par rapport au plan horizontal atteint une valeur déterminée, la variation d'angle étant analysée par les moyens de commande (19) à l'aide des données provenant des moyens de détection d'inclinaison du plateau porteur (3) ;
- v. d'attribution de coordonnées au centre de gravité (18) du véhicule (1) relativement aux coordonnées des roues (11a - 11d) en appui sur le sol (34) déterminées à l'étape précédente formant alors les coordonnées initiales du centre de gravité (18).

Patentansprüche

1. Mobilitätsassistenzfahrzeug (1), das zum Überwinden von Hindernissen (33, 35) geeignet ist, umfassend eine mechanische Struktur (2), die mindestens eine Tragplatte (3) trägt, Steuereinrichtungen (19), mindestens vier gelenkige Beine (6a, 6b, 6c, 6d), die jeweils erste (7a, 7b, 7c, 7d) und zweite (8a, 8b, 8c, 8d) Segmente umfassen, die untereinander über ein erstes motorisiertes Gelenk (9a, 9b, 9c, 9d) verbunden sind, wobei ein Ende jedes ersten Segments (7a - 7d) an der mechanischen Struktur (2) montiert ist, wobei das Fahrzeug (1) ferner motorisierte Räder (11a, 11b, 11c, 11d) umfasst, die jeweils an jeweili-

gen freien Enden der zweiten Segmente (8a - 8d) montiert sind, **dadurch gekennzeichnet, dass:**

- i. jedes erste Segment (7a - 7d) an einer der Seiten (200) der mechanischen Struktur (2) über ein zweites motorisiertes Gelenk (10a, 10b, 10c, 10d) montiert ist, wobei jede entgegengesetzte Seite (200) mit mindestens zwei Beinen (6a - 6d) verbunden ist, und dadurch, dass
 - ii. die Steuereinrichtungen (19) geeignet sind, die ersten (9a - 9d) und zweiten (10a - 10d) motorisierten Gelenke der Beine (6a - 6d) unabhängig voneinander anzusteuern, insbesondere zum aufeinander folgenden Anheben der Beine (6a - 6d), um ein Hindernis (33, 35) zu überwinden.
2. Fahrzeug (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes erste Segment (7a - 7d) im unteren Teil der mechanischen Struktur (2) montiert ist.
 3. Fahrzeug (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes erste und zweite motorisierte Gelenk (9a - 9d, 10a - 10d) von einem dedizierten Aktor angetrieben wird, der von den Steuereinrichtungen (19) angesteuert wird, wobei der Aktor die Form, beispielsweise, eines Elektromotors oder eines Hydraulik- oder Elektrozylinders annehmen kann.
 4. Fahrzeug (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aktoren jeweils einen Positionsensor umfassen, der mit den Steuereinrichtungen (19) verbunden ist, so dass die Steuereinrichtungen (19) die räumlichen Koordinaten jedes Rades (11a - 11d) des Fahrzeugs (1) in Bezug auf die mechanische Struktur (2) des Fahrzeugs (1) in Echtzeit kennen und kontrollieren.
 5. Fahrzeug (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Einrichtungen zur Erkennung der Neigung der Tragplatte (3) in Bezug auf eine horizontale Ebene umfasst, wobei diese Neigungserkennungseinrichtungen mit den Steuereinrichtungen (19) verbunden sind, und dadurch, dass die Steuereinrichtungen (19) geeignet sind, die Aktoren zu kontrollieren, um die Position der Beine (6a - 6d), deren Räder (11a - 11d) in Kontakt mit dem Boden sind, anzupassen, so dass der Neigungswinkel der Tragplatte (3) in Bezug auf die horizontale Ebene kleiner als ein vorbestimmter Winkelwert ist.
 6. Fahrzeug (1) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtungen (19) geeignet sind, die räumlichen Koordinaten des Schwerpunktes (18) des Fahrzeugs (1) anhand der von den Positionssensoren der Aktoren

kommenden Daten in Echtzeit zu berechnen.

7. Fahrzeug (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinrichtungen (19) geeignet sind, vor dem Anheben eines Beins (6a - 6d) die Position des Schwerpunkts (18) des Stuhls zu kontrollieren, indem die Aktoren gesteuert werden, um die Position der Beine (6a - 6d) zu ändern, so dass die projizierten Koordinaten des Schwerpunkts (18p) in der horizontalen Ebene in einem Stützpolygon (30, 31, 32) enthalten sind, das durch die projizierten Koordinaten der Räder (11ap, 11bp, 11cp, 11dp) definiert wird, die dazu bestimmt sind, nach dem Anheben des betrachteten Beins (6a - 6d) in der Ebene in Kontakt mit dem Boden zu bleiben. 5
8. Fahrzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein dreidimensionales Sichtsystem (15) umfasst, das von den Steuereinrichtungen (19) angesteuert wird und geeignet ist, mindestens ein von dem Fahrzeug (1) zu überwindendes Hindernis (33, 34) zu erkennen, wobei das Sichtsystem (15) es ermöglicht, den Abstand des Hindernisses (33, 35) vom Fahrzeug und mindestens eine vertikale Koordinate des Hindernisses, die seine Höhe repräsentiert, zu erkennen. 10
9. Fahrzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gelenke (9a - 9d, 10a - 10d) der Beine (6a - 6d) jeweils mindestens eine im Wesentlichen horizontale und quer verlaufende Drehachse umfassen. 15
10. Fahrzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tragplatte (3) ein Sitz des Fahrzeugs (1) ist. 20
11. Verfahren zur kontrollierten Hindernisüberwindung durch aufeinander folgendes Anheben der Beine (6a - 6d) eines Fahrzeugs (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mindestens die aufeinander folgenden Schritte umfasst: 25
 - i. Bestimmen, durch die Steuereinrichtungen (19), der Koordinaten des Schwerpunkts (18) des Fahrzeugs in Abhängigkeit von den verschiedenen Daten, die von den Positionssensoren der Aktoren kommen, und in Abhängigkeit von den Abmessungen und Gewichten der Elemente, aus denen das Fahrzeug (1) besteht und die gegebenenfalls von dem Fahrzeug (1) getragen werden; 30
 - ii. Erkennen, durch die Steuereinrichtungen (19), der auf dem Boden aufstehenden Räder (11a - 11d) in Abhängigkeit von den Daten, die von Kraftsensoren bereitgestellt werden, die jeweils fest mit den Rädern (11a - 11d) verbunden sind, und Auswählen, durch die Steuereinrichtungen (19), der Räder (11a - 11d), die nach dem Anheben des zu hebenden Rades weiter auf dem Boden aufstehen werden; 35
 - iii. Definieren der Koordinaten eines Stützpolygons (30, 31, 32), das durch die Projektion der Koordinaten der Räder (11ap - 11dp) gebildet wird, die in der horizontalen Ebene in Kontakt mit dem Boden bleiben; 40
 - iv. Betätigen, durch die Steuereinrichtungen (19), der Aktoren, um den Schwerpunkt so zu verlagern, dass seine projizierten Koordinaten in dem zuvor definierten Stützpolygon (30, 31, 32) enthalten sind, und 45
 - v. Anheben, durch die betrachteten Aktoren, die von den Steuereinrichtungen (19) angesteuert werden, des betrachteten Rades (11a - 11d). 50
12. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aufeinander folgenden Schritte i bis iv in einer Schleife wiederholt werden, so dass das Bestimmen der Koordinaten des Schwerpunkts (18) und das Beibehalten seiner Position in dem entsprechenden Stützpolygon (30, 31, 32) in Echtzeit und bei jedem Schritt der Schleife ausgeführt werden. 55
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vor dem Heben des betrachteten Rades (11a - 11d) definierte Stützpolygon (30, 32) ein Dreieck (32) ist, wobei das Fahrzeug (1) vier Beine (6a - 6d) umfasst. 60
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** es einen vorherigen Schritt des Bestimmens der Ausgangskordinaten des Schwerpunkts (18) des Fahrzeugs (1) umfasst, der mindestens die aufeinander folgenden Teilschritte beinhaltet: 65
 - i. Betätigen, durch die Steuereinrichtungen (19), der Aktoren (90a - 90d, 100a - 100d) der Gelenke (9a - 9d, 10a - 10d) der beiden vorderen oder hinteren Beine (6a - 6d), um diese Letzteren in Längsrichtung (X) zu strecken, so dass der Schwerpunkt (18) des Fahrzeugs (1) in der Nähe des einen der vorderen (23) oder hinteren (22) Teile des Fahrzeugs (1) liegt, wobei alle Räder (11a - 11d) auf dem Boden (34) aufstehen und die Tragplatte (3) horizontal ist; 70
 - ii. Anheben, durch die betrachteten Aktoren (90a - 90d, 100a - 100d), die von den Steuereinrichtungen (19) angesteuert werden, des einen der beiden gestreckten Beine (6a - 6d) des Fahrzeugs (1), um das betrachtete Rad (11a - 11d) anzuheben; 75
 - iii. Betätigen, durch die Steuereinrichtungen 80

(19), der Aktoren (90a - 90d, 100a - 100d) der Gelenke (9a - 9d, 10a - 10d) des gestreckten Beins (6a - 6d), dessen Rad auf dem Boden (34) aufsteht, so dass es dem Fahrzeug (1) zunehmend genähert wird;

iv. Bestimmen, durch die Steuereinrichtungen (19), der Koordinaten der auf dem Boden (34) aufstehenden Räder (11a - 11d) anhand der von den Positionssensoren der Gelenke (9a - 9d, 10a - 10d) kommenden Daten zu dem Zeitpunkt, zu dem der Neigungswinkel der Tragplatte (3) in Bezug auf die horizontale Ebene einen bestimmten Wert erreicht, wobei die Winkeländerung von den Steuereinrichtungen (19) mithilfe der Daten, die von den Einrichtungen zur Erkennung der Neigung der Tragplatte (3) kommen, analysiert wird;

v. Zuweisen von Koordinaten zum Schwerpunkt (18) des Fahrzeugs (1) relativ zu den Koordinaten der auf dem Boden (34) aufstehenden Räder (11a - 11d), die im vorhergehenden Schritt bestimmt wurden und dann die Ausgangsdaten des Schwerpunkts (18) bilden.

Claims

1. A mobility assistance vehicle (1) adapted to negotiate obstacles (33, 35), including a mechanical structure (2) supporting at least one support plate (3), control means (19), at least four articulated legs (6a, 6b, 6c, 6d) each including first segments (7a, 7b, 7c, 7d) and second segments (8a, 8b, 8c, 8d) interconnected by a first motorized articulation (9a, 9b, 9c, 9d), one end of each first segment (7a - 7d) being mounted on the mechanical structure (2), the vehicle (1) further including motorized wheels (11a, 11b, 11c, 11d) respectively mounted on respective free ends of the second segments (8a - 8d), **characterized in that:**

i. each first segment (7a - 7d) is mounted on one of the lateral sides (200) of the mechanical structure (2) via a second motorized articulation (10a, 10b, 10c, 10d), each opposite lateral side (200) being connected to at least two legs (6a - 6d), and **in that**

ii. the control means (19) are adapted to control independently of one another the first motorized articulations (9a - 9d) and the second motorized articulations (10a - 10d) of the legs (6a - 6d), in particular by successively lifting said legs (6a - 6d) to negotiate an obstacle (33, 35).

2. The vehicle (1) as claimed in the preceding claim, **characterized in that** each first segment (7a - 7d) is mounted in the lower part of the mechanical structure (2).

3. The vehicle (1) as claimed in claim 1 or 2, **characterized in that** each first and second motorized articulation (9a - 9d, 10a - 10d) is driven by a dedicated actuator controlled by the control means (19), the actuator taking the form for example of an electric motor or a hydraulic or electric cylinder.

4. The vehicle (1) as claimed in claim 3, **characterized in that** the actuators each include a position sensor connected to the control means (19) so that said control means (19) know and control in real time the spatial coordinates of each wheel (11a - 11d) of the vehicle (1) relative to the mechanical structure (2) of the vehicle (1).

5. The vehicle (1) as claimed in claim 4, **characterized in that** it includes means for detecting inclination of the support blade (3) relative to a horizontal plane, these inclination detection means being connected to the control means (19), and **in that** the control means (19) are adapted to control the actuators to adjust the position of the legs (6a - 6d) the wheels (11a - 11d) of which are in contact with the ground so that the angle of inclination of the support blade (3) relative to the horizontal plane is less than a particular angle value.

6. The vehicle (1) as claimed in either one of claims 4 or 5, **characterized in that** the control means (19) are adapted to calculate in real time the spatial coordinates of the center of gravity (18) of the vehicle (1) from data coming from the position sensors of the actuators.

7. The vehicle (1) as claimed in the preceding claim, **characterized in that**, the control means (19) are adapted, before lifting a leg (6a - 6d), to control the position of the center of gravity (18) of the wheelchair by commanding the actuators to modify the position of the legs (6a - 6d) so that the projected coordinates of the center of gravity (18p) in the horizontal plane are included within a support polygon (30, 31, 32) defined by the projected coordinates of the wheels (11ap, 11bp, 11cp, 11dp) intended to remain in contact with the ground in said plane after lifting the leg concerned (6a - 6d).

8. The vehicle (1) as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** it includes a three-dimensional vision system (15) controlled by the control means (19) and adapted to detect at least one obstacle (33, 34) to be negotiated by the vehicle (1), the vision system (15) enabling determination of the distance from the obstacle (33, 35) to the vehicle and at least one vertical coordinate of the obstacle representing its height.

9. The vehicle (1) as claimed in any one of the preced-

ing claims, **characterized in that** the articulations (9a - 9d, 10a - 10d) of the legs (6a - 6d) each include at least one substantially horizontal and transverse rotation axis.

10. The vehicle (1) as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the support plate (3) is a seat of said vehicle (1).

11. A method for controlled negotiation of obstacles by successive raising of the legs (6a - 6d) of the vehicle (1) as claimed in any one of claims 1 to 10, **characterized in that** it includes at least the following steps:

i. determination by the control means (19) of the coordinates of the center of gravity (18) of the vehicle as a function of various data coming from the position sensors of the actuators and as a function of the dimensions and masses of the elements constituting the vehicle (1) and where necessary carried by said vehicle (1);

ii. detection by the control means (19) of the wheels (11a - 11d) bearing on the ground as a function of the data supplied by force sensors respectively fastened to the wheels (11a - 11d) and selection by the control means (19) of the wheels (11a - 11d) that are to continue to bear on the ground after lifting the wheel to be lifted;

iii. definition of the coordinates of a support polygon (30, 31, 32) formed by the projection of the coordinates of the wheels (11ap - 11dp) remaining in contact with the ground in the horizontal plane;

iv. actuation by the control means (19) of the actuators to move the center of gravity so that its projected coordinates are included in the support polygon (30, 31, 32) previously defined, and

v. lifting of the wheel (11a - 11d) concerned by the actuators concerned controlled by the control means (19).

12. The method as claimed in the preceding claim, **characterized in that** the successive steps i to iv are repeated in a loop so that the determination of the coordinates of the center of gravity (18) and the maintaining of its position in the corresponding support polygon (30, 31, 32) are carried out in real time and in each step of the loop.

13. The method as claimed in claim 11 or 12, **characterized in that** the support polygon (30, 32) defined before lifting the wheel (11a - 11d) concerned is a triangle (32), the vehicle (1) having four legs (6a - 6d).

14. The method as claimed in claim 13, **characterized in that** it includes a preliminary step of determination of the initial coordinates of the center of gravity (18) of the vehicle (1) including at least the following sub-

steps:

i. actuation by the control means (19) of the actuators (90a - 90d, 100a - 100d) of the articulations (9a - 9d, 10a - 10d) of the two front or rear legs (6a - 6d) to extend the latter in the longitudinal direction (X) so that the center of gravity (18) of the vehicle (1) is situated in the vicinity of the front part (23) or the rear part (22) of the vehicle (1), the wheels (11a - 11d) all bearing on the ground (34) and the support plate (3) being horizontal;

ii. lifting by the actuators concerned (90a - 90d, 100a - 100d) controlled by the control means (19) of one of the two extended legs (6a - 6d) of the vehicle (1) to lift the wheel concerned (11a - 11d);

iii. actuation by the control means (19) of the actuators (90a - 90d, 100a - 100d) of the articulations (9a - 9d, 10a - 10d) of the extended leg (6a - 6d) the wheel of which is bearing on the ground (34) so as to move it progressively toward the vehicle (1);

iv. determination by the control means (19) of the coordinates of the wheels (11a - 11d) bearing on the ground (34) from the data coming from the position sensors of the articulations (9a - 9d, 10a - 10d) at the moment when the angle of inclination of the support plate (3) relative to the horizontal plane reaches a particular value, the angle variation being analyzed by the control means (19) with the aid of the data coming from the means for detection of inclination of the support plate (3);

v. assignment of coordinates to the center of gravity (18) of the vehicle (1) relative to the coordinates of the wheels (11a - 11d) bearing on the ground (34) determined in the preceding step to form the initial coordinates of the center of gravity (18).

Figure 1

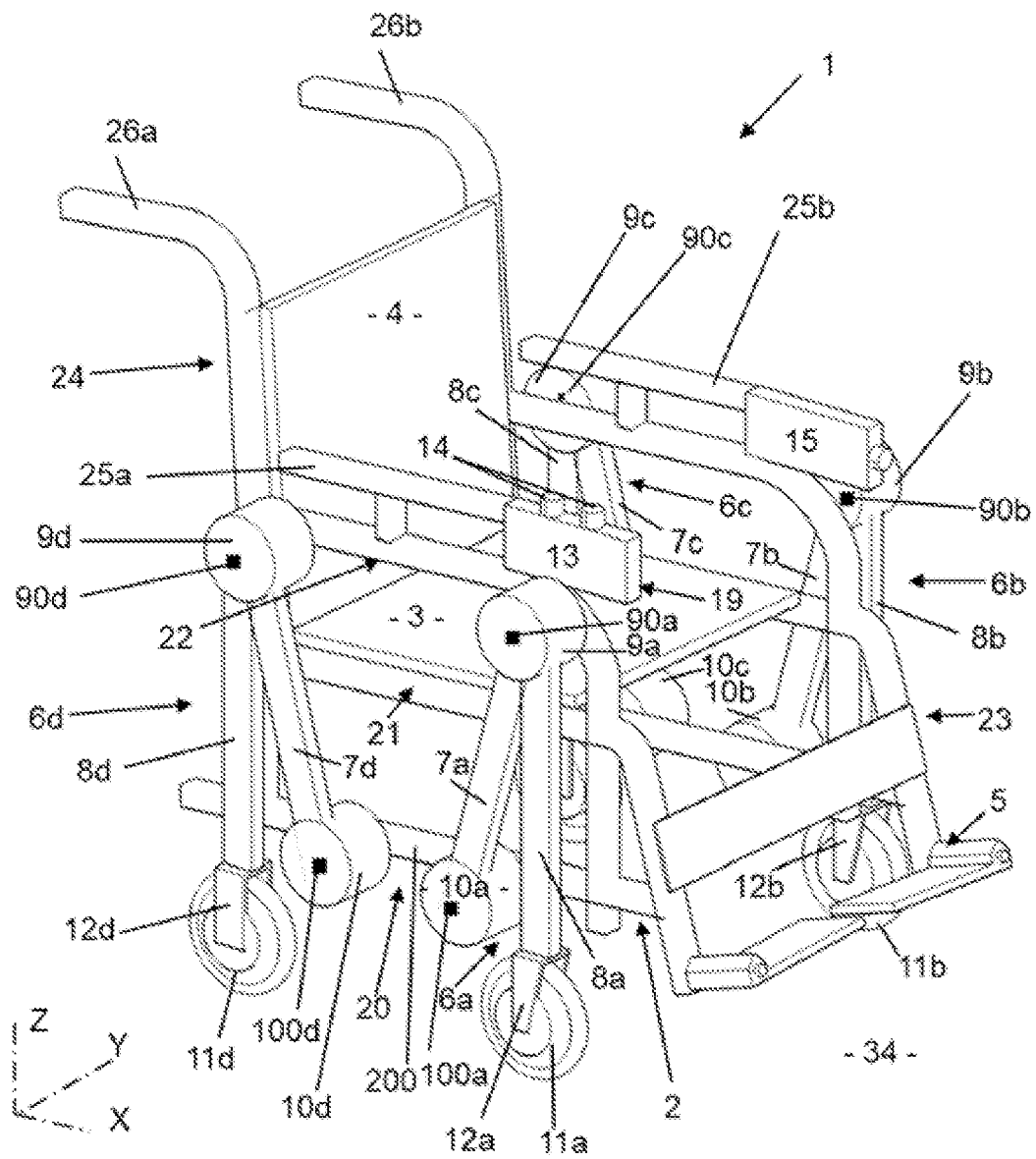


Figure 2

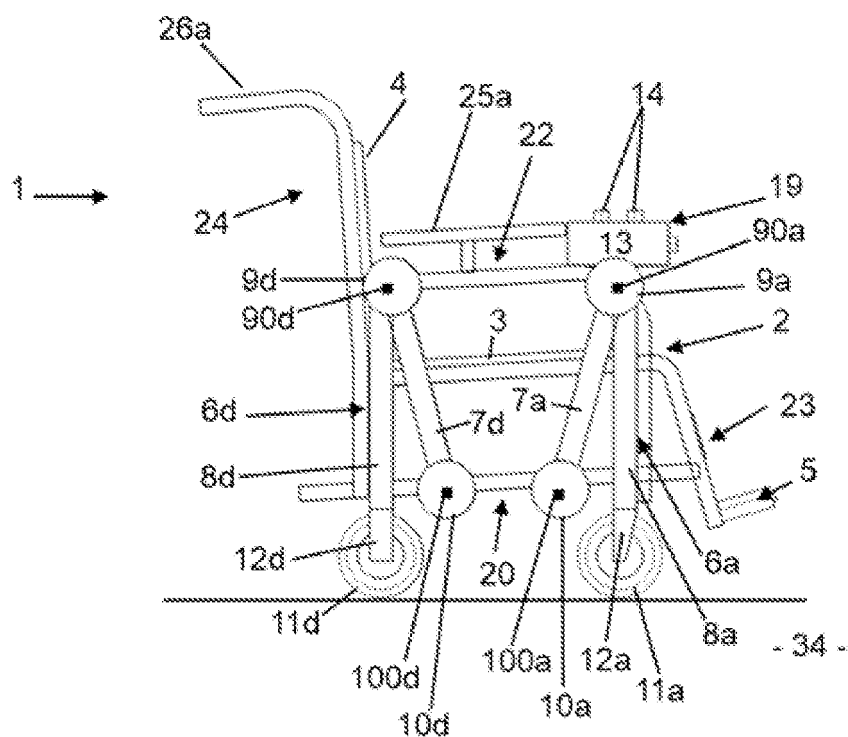


Figure 3

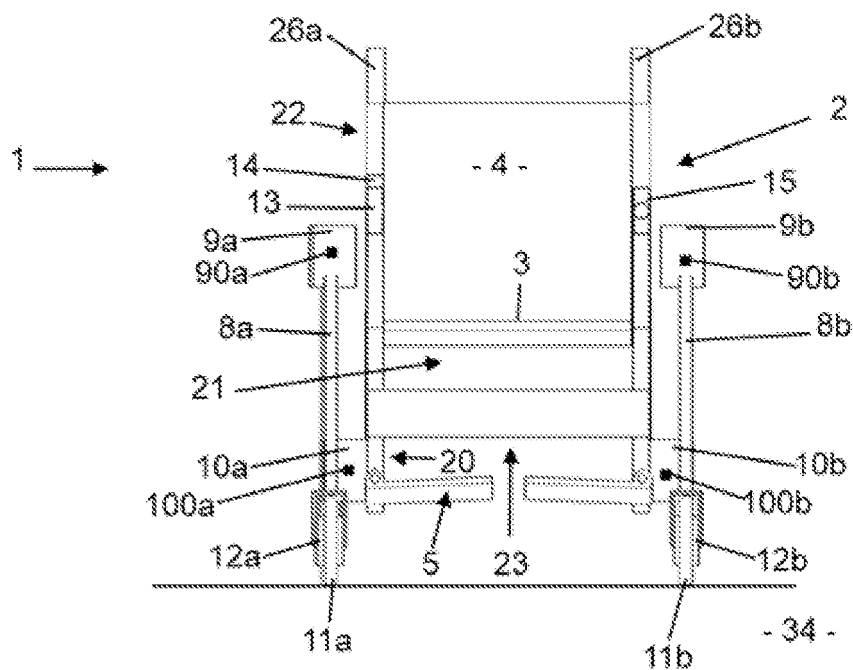


Figure 4

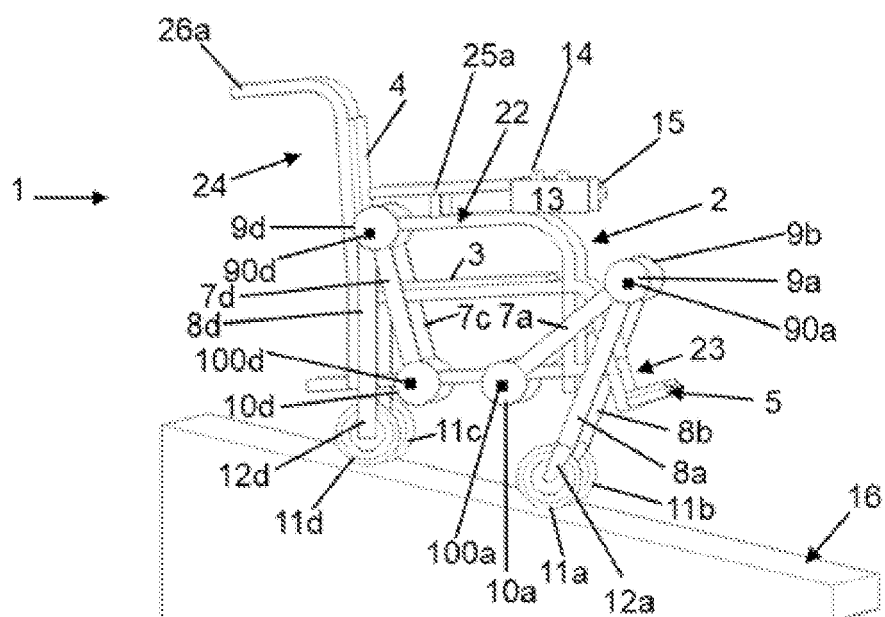


Figure 5

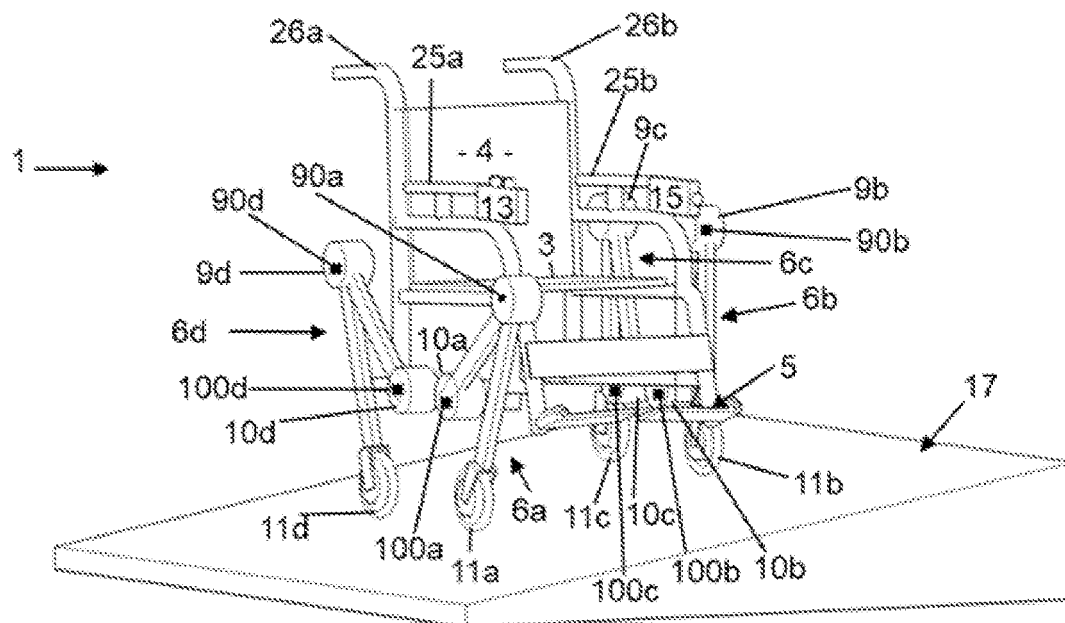


Figure 6

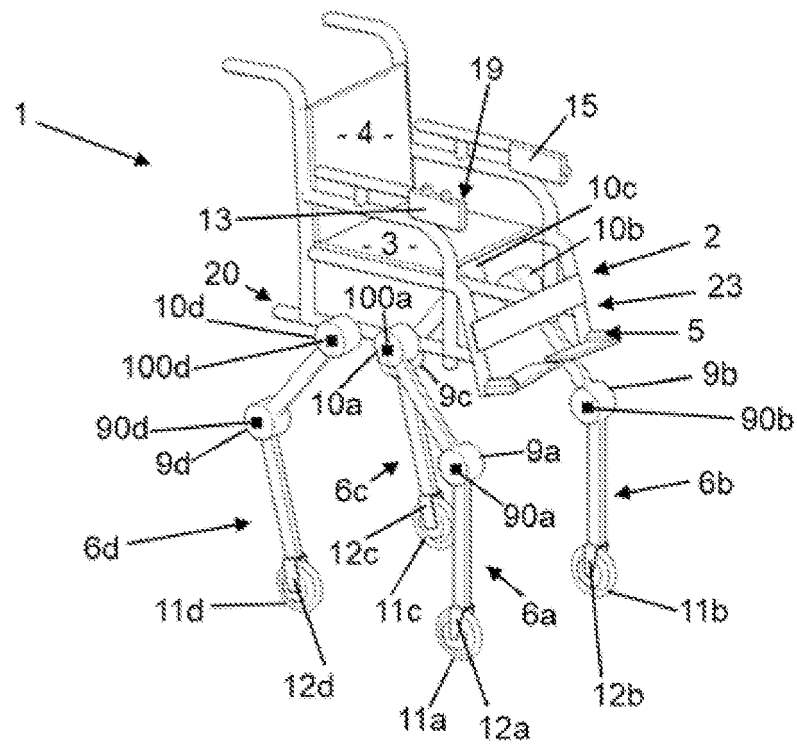


Figure 7

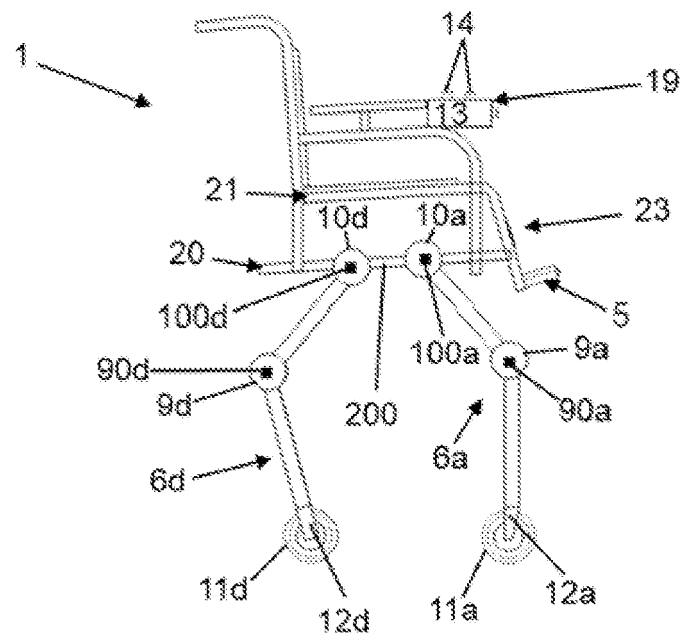


Figure 8A

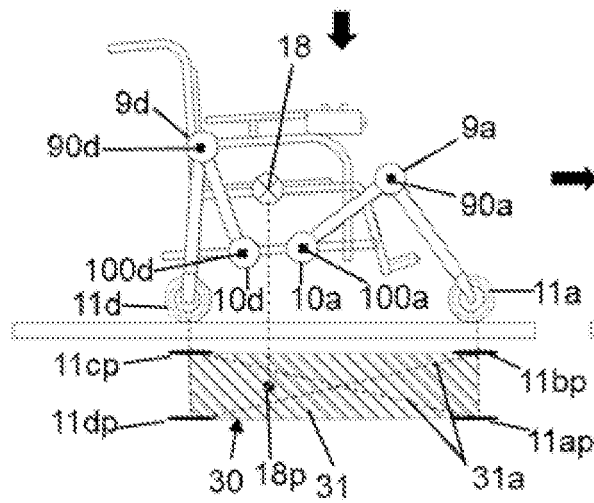
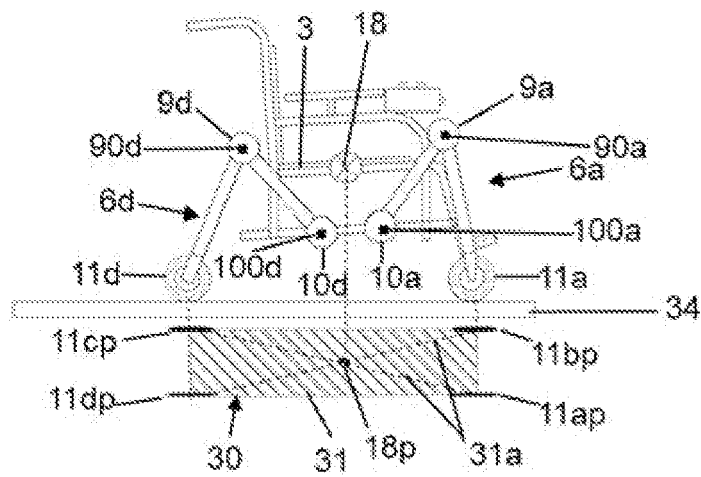


Figure 8B

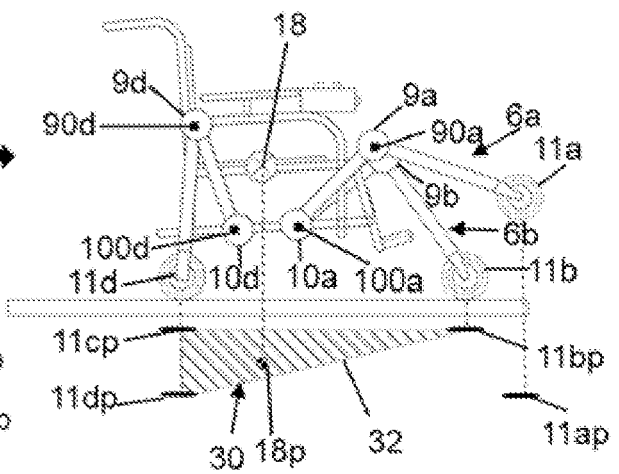


Figure 8C

Figure 8A

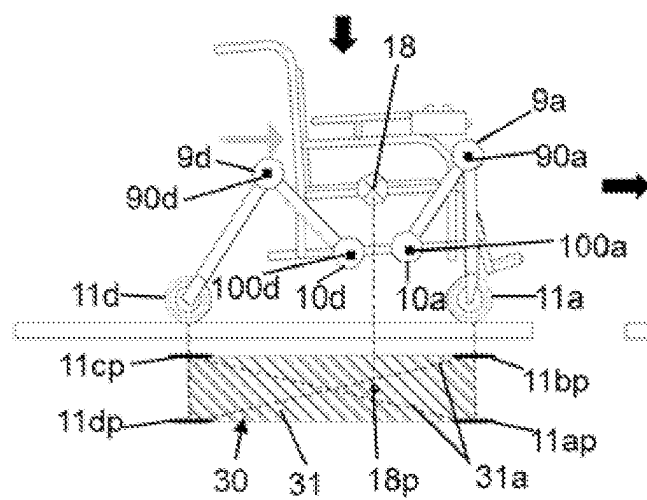
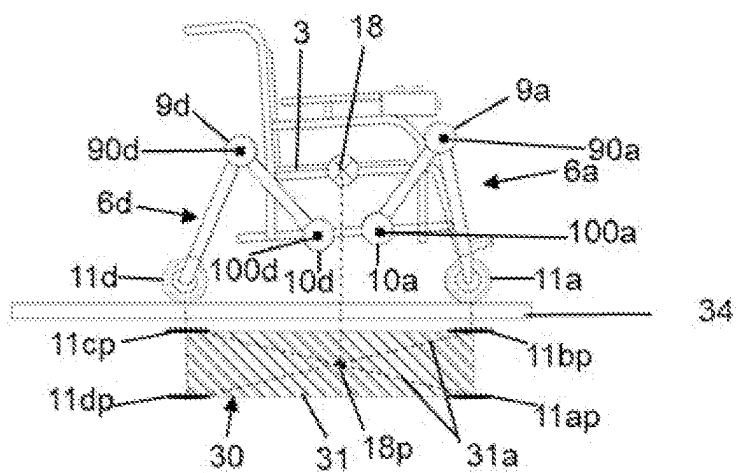


Figure 80

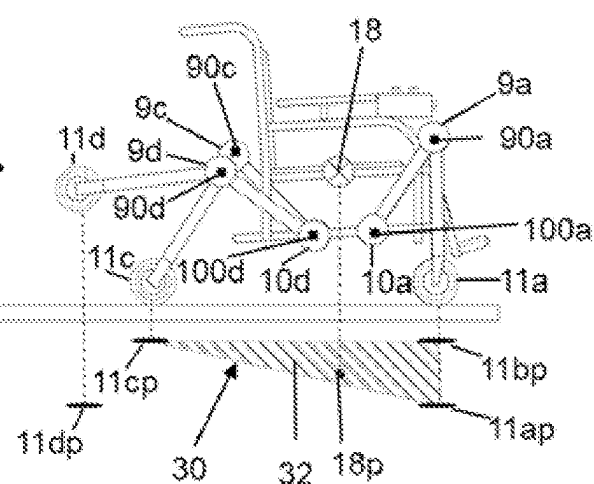


Figure 8E

Figure 9A

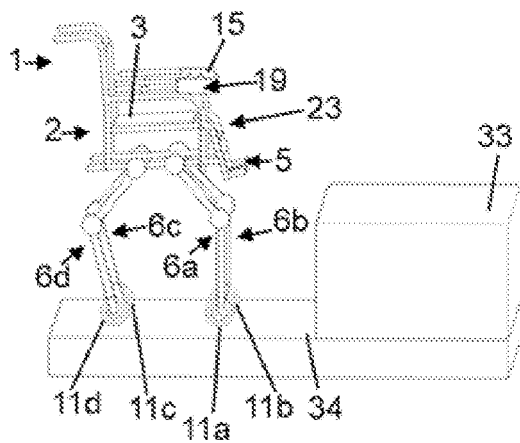


Figure 9B

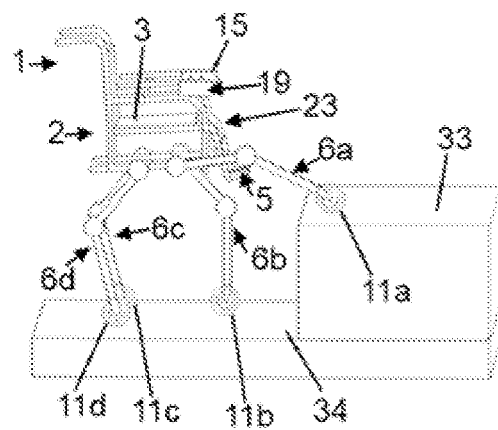


Figure 9C

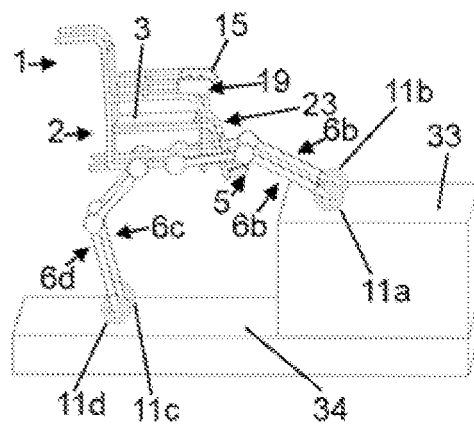


Figure 9D

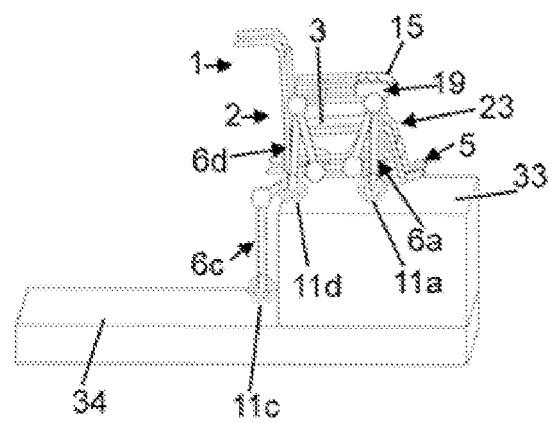


Figure 10A

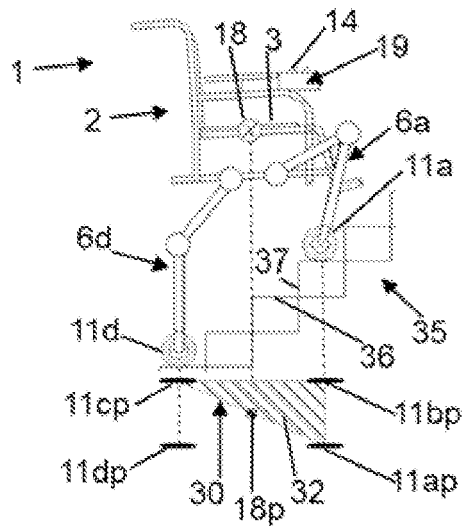


Figure 10B

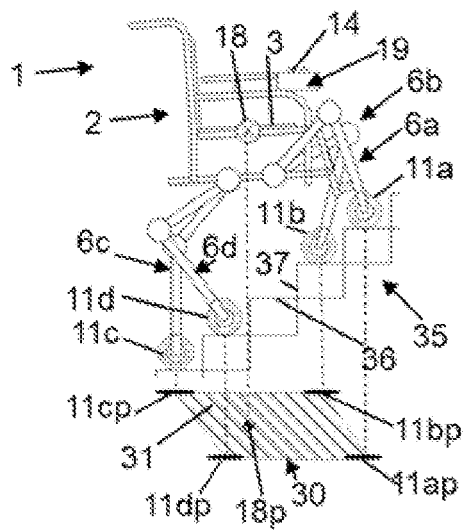
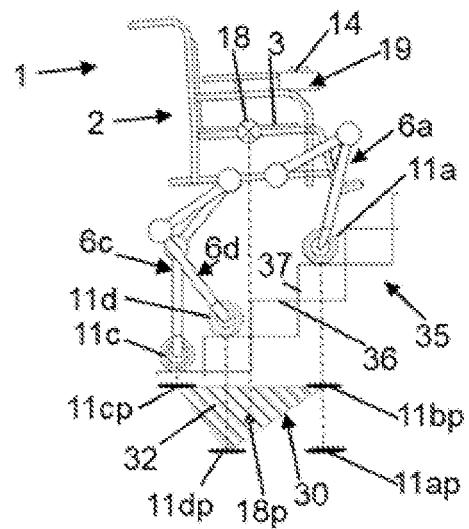


Figure 10C

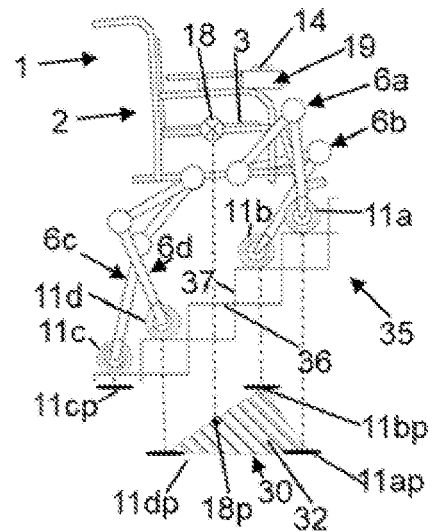
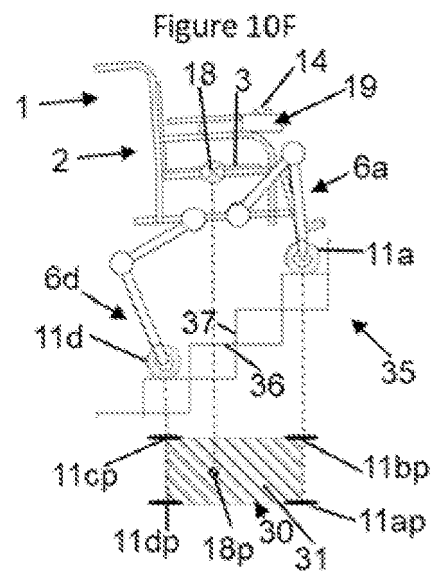
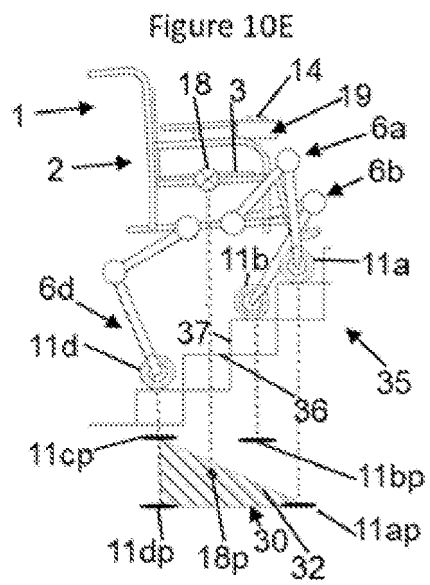


Figure 10D



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2618066 [0004]
- JP 11128278 B [0006]