Conception d'un système assistance pour les personnes âgées

Pascal Médéric, Viviane Pasqui, Frédéric Plumet & Jean Claude Guinot

Laboratoire de Robotique de Paris
UPMC - CNRS (FRE 2507)
BP 61, 18 route du Panorama
92265 Fontenay-Aux-Roses Cedex
http ://www.robot.jussieu.fr
{mederic,pasqui,plumet,guinot}@robot.jussieu.fr

Résumé :

Cet article présente une réalisation originale d'une aide technique pour compenser les pertes d'équilibre. Cette interface permet la stabilisation posturale lors de la verticalisation et de la marche. La fonction d'aide à la verticalisation et quelques résultats expérimentaux y sont exposés.

Abstract :

This paper introduce a assistive device providing a physical assistance to avoid falling. This assisting device allows assistance during the walk and the sit-to-stand transfer. The sit-to-stand transfer function and some experimental results are presented.

Mots-clefs :

assistance robotisée ;aide au transfert ; observation de l'état postural

1 Introduction

Les troubles de la marche sont les principales causes de chute chez les personnes âgées. La dégradation du système locomoteur augmente le risque de chute. Une chute peut engendrer des conséquences psychologiques et physiques importantes. Une personne âgée ayant subit une chute peut se retrouver dans un état de sédentarité engendrant à court terme une perte d'autonomie. Le manque d'activité physique accroît considérablement la dégradation du système locomoteur ainsi que l'état psychologique. Les conséquences des troubles de la marche et de la chute sont alors importantes.
Quelques laboratoires ont développés des systèmes d'assistance pour les personnes âgées ; le PAM AID [1] propose une aide à la déambulation pour les non-voyants. Le projet PAMM [2], [3] et Care-O-Bot [4],[5],[6], introduisent la notion de monitoring. Le projet Nursebot [7] et le robot Do-U-mi [8] se focalisent sur l'impact psychologique de l'interaction homme machine. Un prototype de l'institut Kaist [9] s'oriente vers un outil d'aide à la rééducation du système locomoteur. L'Université de Ritsumeikan [10] propose un support physique au cours de la marche et permet l'aide au transfert, ce système ne peut être utilisé que dans une chambre dédiée.

Cet article s'articule autour d'une présentation du prototype conçu par notre laboratoire. Son objectif principal est de modifier et d'observer l'état postural de l'utilisateur pour assurer sa stabilité. L'obtention d'un critère de stabilité est vérifié à l'aide d'observateurs (cinématiques et efforts d'interaction du patient). L'outil d'assistance va, le cas échéant, ramener l'utilisateur vers l'état postural stable en vérifiant le critère de stabilité.

2 Présentation du prototype

La conception du prototype est basée en premier lieu sur l'analyse d'un type de pathologie. Nous avons choisi le syndrome de post-chute, car c'est la pathologie conduisant à un trouble de l'équilibre le plus fréquent chez les personnes âgées. Ce syndrome modifie la posture du patient au cours de la marche et aussi lors de la configuration assise. Une personne atteinte de ce syndrome à une posture dite de "rétropulsion", son torse est incliné vers l'arrière ceci modifie sa stabilité et augmente le risque de chute au cours de la marche, en position assise le patient n'arrive pas à se lever, il n'arrive pas à transférer la masse de son corps dans la direction du mouvement (phase d'antépulsion). Une personne atteinte du syndrome de rétropulsion doit être aidée lors de la verticalisation (passage de la position assise à la position debout) et également au cours de la marche. L'apport d'un système d'assistance peut libérer la charge du personnel soignant et être un outil de rééducation.

Un tel outil doit posséder deux fonctions principales :

- Déambulation, apporter un support actif et éviter les chutes au cours de la marche.
- Aide au transfert, aide durant les phases assis - debout.

Pour se faire la structure cinématique (cf. fig. 1) est composée de deux degrés de liberté reposant sur une plateforme mobile équipée de roue omnidirectionnelle. Cette dernière possède un empattement variable pour augmenter la stabilité de l'utilisateur au cours des transitions (variation du polygone de sustentation). Les poignées doivent garder une orientation constante parallèle au sol, qui est obtenu en utilisant un mécanisme à quatre barres. La conception optimisée du prototype est détaillée dans [11].

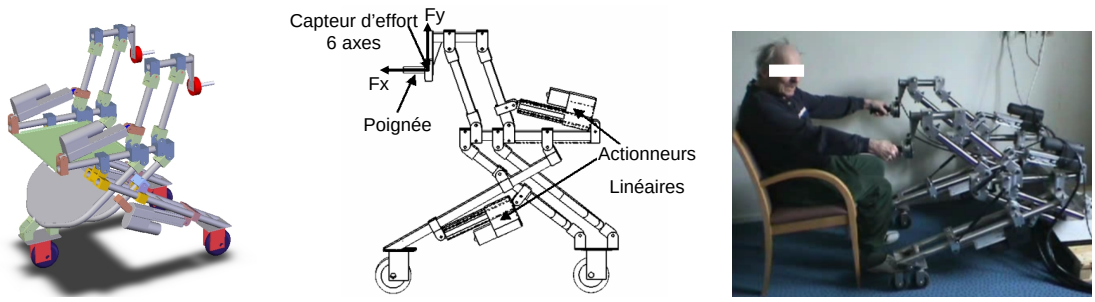
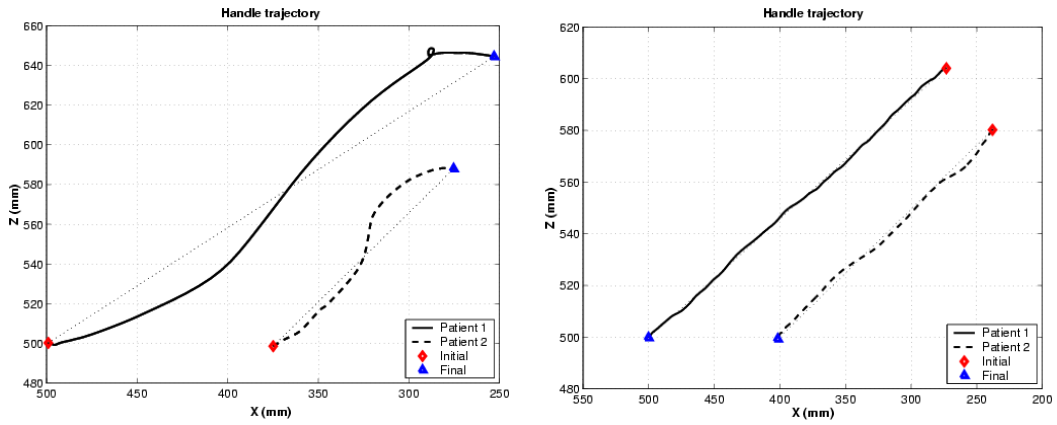


FIG. 1 – Description du Système d'assistance

La conception de l'outil d'assistance repose sur une campagne expérimentale menée à l'hôpital Charles Foix. Cette Campagne est effectuée sur 7 personnes âgées sous la surveillance de gérontologues et de kinésithérapeutes [12]. Une plateforme de test permet l'acquisition en temps réel des efforts d'interaction et de la trajectoire des mains du patient durant les transitions assis-debout et debout-assis. Le patient saisit la poignée de la plateforme de mesure, deux kinésithérapeutes imposent une trajectoire permettant le transfert du patient.
Pour chaque patient plusieurs acquisitions sont réalisées, quelques exemples de trajectoire sont représentés fig. 2.

Une étude précise des trajectoires de transfert soulève quelque points intéressants :

DRAFT



Transfert assis-debout Transfert debout-assis

FIG. 2 – Trajectoires pour différents patients

- Les trajectoires de transfert sont proches d'une ligne droite entre les points initiaux et finaux avec une déviation normale ne dépassant pas 12% de la longueur totale de la trajectoire.
- Il n'y a pas de relation directe entre l'âge, la taille, la pathologie du patient et l'allure globale des trajectoires de transfert.

Pour générer la trajectoire des poignées de l'outil d'assistance au cours des transferts un générateur de trajectoire est utilisé [13]. Le principe de ce générateur et de reproduire l'allure générale des trajectoires expérimentales sans en faire une interpolation précise à l'aide de courbes B-Spline. Le générateur calcul les trajectoires hors ligne à partir de différents paramètres ; le temps de transfert, les positions hautes et basses et les déviations normales (cf. fig. 3).

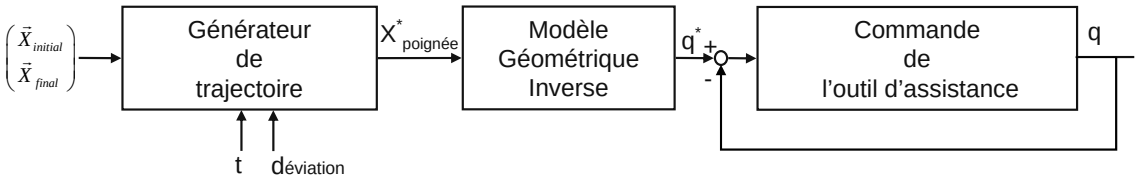


FIG. 3 – Implantation du générateur de trajectoire

L'apport de ce générateur de trajectoire sur l'outil d'assistance permet d'avoir un système d'observation dont les trajectoires de transfert sont totalement paramétrables. L'outil d'assistance peut assurer sa fonction d'aide au transfert et également être un outil d'observation des efforts d'interaction entre l'utilisateur et les poignées de l'outil d'assistance.

3 Expérimentation en milieu hospitalier

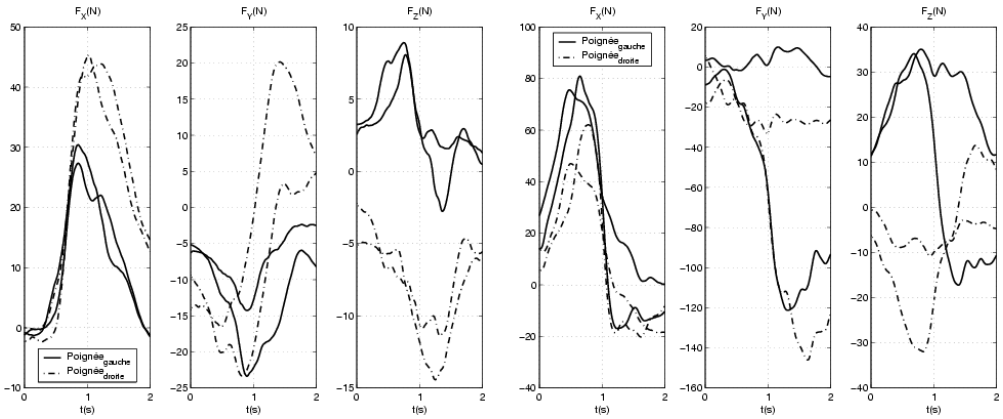
Le but de cette campagne est de vérifier l'efficacité de l'aide au transfert sur des personnes âgées et d'observer les efforts d'interactions entre le système d'assistance et l'utilisateur.
Une série de campagne de mesure est effectuée à l'hôpital Charles Foix au sein du service du Pr. Belmin sur 19 patients ayant des troubles pathologiques plus ou moins avancés perturbant le transfert. Des gérontologues sont présents au cours des expérimentations, ces derniers déterminent les points hauts et bas ainsi que le temps de transfert selon l'état pathologique du

patient. Sur les 19 patients 4 ont recours à une aide extérieure pour se lever, parmi ces quatre patients 2 ont pu se lever et s'asseoir en utilisant le système d'assistance, les 2 autres patients ayant des pathologies trop avancées (hémiplégie aigu) n'ont pas pu se lever.

3.1 Mesure des Efforts d'interactions durant les transferts

De part l'âge avancé des patients le nombre d'expérimentations par patients reste assez faible. Cependant on peut néanmoins observer une répétabilité des mesures sur les mêmes patients. L'allure des efforts reste la même pour les essais du même patient mais l'allure générale varie entre les patients (cf. figures 4 et 5). Le repère de base des efforts mesurés est celui de la figure 1. Les efforts le long de l'axe $\vec{x}$ correspondent a un effort de traction exercé par le patient, les efforts le long de l'axe $\vec{y}$ expriment l'effort de maintient en position et les efforts le long de l'axe $\vec{z}$ représentent les efforts latéraux à la direction d'avance.

Dans le cadre des transferts assis-debout (cf. fig. 4), on remarque que pour les deux patients les efforts de maintient en position $\vec{F_y}$ n'ont pas la même allure. Dans le cas du patient 1 ce dernier tend à soulever la poignée droite tandis que dans le cas du patient 2, hormis le premier essai (pas d'appui sur les poignées), le patient applique un effort de 'poussée' sur les poignées $\vec{F}_{y_{max}}$= -140 N. Pour le patient 1 l'opposition de direction des efforts sur $\vec{F}y$ entre les mains gauche et droite ainsi que l'évolution des efforts selon $\vec{F_z}$ nous indique que le patient 1 bascule sur le coté gauche au cours des transferts assis-debout.

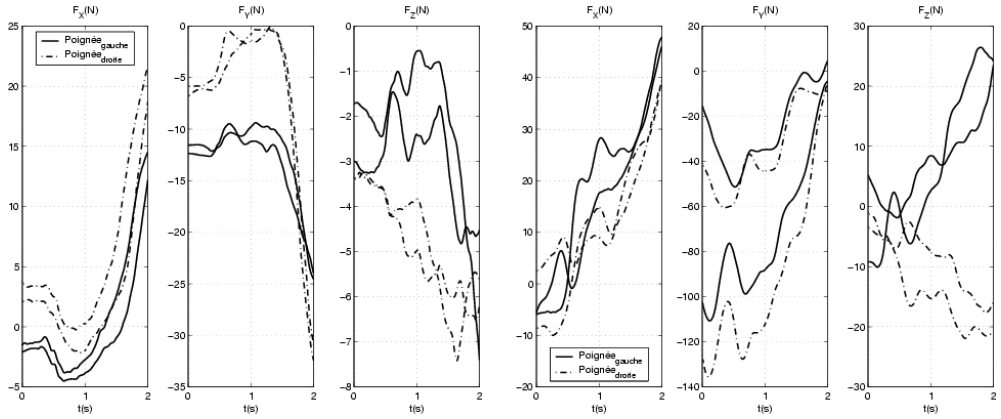


Patient 1 Patient 2

FIG. 4 – Efforts d'interaction au cours des transferts assis-debout

Pour les transferts debout-assis (cf. fig. 5) on retrouve le phénomène d'efforts opposés entre la main gauche et droite pour le patient 1 sur $\vec{F_y}$. L'analyse des transferts debout-assis est plus délicate car la plupart des patients se laissent 'tomber' en arrière pour s'asseoir, ceci est moins contraignant physiquement (effort à fournir moindre). L'interprétation des efforts devient alors plus difficile, une mesure des interactions entre le patient et la chaise se révèle utile pour l'identification complète des transferts.
Les différentes interprétations évoquées précédemment ne nous permettent pas de définir ou d'observer l'état postural du patient durant les transferts, une observation des efforts d'interactions du patient avec le sol couplée à une acquisitions des paramètres cinétiques du patient nous fournirai une base de données suffisantes pour observer l'état postural du patient.

DRAFT



Patient 1 Patient 2

FIG. 5 – Efforts d'interaction au cours des transferts debout-assis

4 Conclusions

Un outil d'assistance au transfert a été développé pour les personnes âgées. Un générateur de trajectoire totalement paramétrable selon les préférences de l'utilisateur est intégré à l'outil d'aide au transfert. Une première campagne de mesure en milieu hospitalier démontre l'efficacité du système d'assistance pour l'aide au transfert, seulement 2 patients, sur les 4 nécessitant une aide extérieure, n'ont pas pu réaliser de transitions assis-debout de part la dégradation avancée de leur système locomoteur.
L'utilisation de capteurs d'efforts pour mesurer les interactions du patient avec l'outil d'assistance, le sol, la chaise et l'ajout d'informations cinétiques, peuvent fournir une base d'observateurs déterminants pour modéliser l'état postural. Cette base de données peut être utile pour les gérontologues et les kinésithérapeutes à fin de mieux comprendre les troubles de la marche et de prévenir les chutes. De plus cet outil d'assistance peut être un outil d'observation et de rééducation pour le système locomoteur du patient.

Références

[1] G. Lacey, S. Mac Namara, and K. M. Dawson-Howe. Personal adaptive mobility aid for the infirm and elderly blind. *Lecture Notes in Computer Science*, 1458 :211–220, 1998.

[2] S. Dubowsky, F. Genot, S. Godding, H. Kozono, A. Skwersky, H. Yu, and L.S. Yu. Pamm - a robotic aid to the elderly for mobility assistance and monitoring : A ”helping-hand” for the elderly. In *IEEE Int. Conference on Robotics and Automation*, volume 1, pages 570–576, 2000.

[3] Yu H., S. Dubowsky, and A. Skwersky. Omni-directional mobility using active split offset castors. In *Proceedings of the 26th Biennial Mechanisms and Robotics Conference of the 2000 ASME Design Engineering Technical Conferences*, Baltimore,USA, 2000.

[4] R.D. Schraft, C. Schaeffer, and T. May. Care-o-bot™ : The concept of a system for assisting elderly or disabled persons in home environments. In *Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society : IECON 98*, volume 14, pages 2476–2481, Aachen, Germany, 1998.

[5] B. Graf. Reactive navigation of an intelligent robotic walking aid. In *Proceedings of the IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction : RO-MAN 2001*, pages 353–358, Bordeaux-Paris, France, 2001.

[6] B. Graf and M. Hägele. Dependable interaction with an intelligent home care robot. In *Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 21–26, Seoul, Korea, 2001.

[7] G.Baltus et al. Towards personal service robots for the elderly. In *Proceeding of the 2000 Workshop on Interactive Robotics and Entertainment (WIRE-2000)*, Pittsburgh,USA, 2000.

[8] D. H.Yoo, H. S. Hong, H. J. Kwo, and M. J. Chung. Human-friendly care robot system for the elderly. *Lecture Notes in Control and Information Sciences*, 306 :323 – 332, 2004.

[9] C. Lee, S. Oh K. Kim, and J. Lee. A system for gait rehabilitation : mobile manipulator approach. In *IEEE Int. Conference on Robotics and Automation*, Washington, USA.

[10] K. Nagai, I. Nakanishi, and H. Hanafusa. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 4008–4015, Taipei, Taiwan, 2003.

[11] P. Médéric, J. Lozada, V. Pasqui, F. Plumet, P. Bidaud, and J.C. Guinot. An optimized design for an intelligent walking-aid. In *6th Int. Conference on Climbing on Walking Robots (CLAWAR'03)*, pages 53–60, Catania, Italy, 2003.

[12] P. Médéric, V. Pasqui, F. Plumet, P. Bidaud, and J.C. Guinot. Sit to stand tranfer assisting by an intelligent walking-aid. In *15th CISM-IFToMM Symposium on Robot Design, Dynamics and Control, ROMANSY 2004*, Montreal, Canada, 2004.

[13] P. Médéric, V. Pasqui, F. Plumet, P. Bidaud, and J.C. Guinot. Control of an active walking aid during the sit to stand transfer. In *3rd International Advanced Robotics Programme - International Workshop on Technical Challenges for Dependable Robots in Human Environments, IARP'04*, Salford, England, 2004.