

MÉDICAL

# Faulhaber aide à retrouver de l'autonomie

L'exosquelette Autonomyo est une aide à la marche active qui soutient les muscles affaiblis et permet une séquence intuitive de mouvements qui suit la séquence naturelle. **La puissance supplémentaire est fournie par six petits moteurs.** Afin d'offrir une interaction harmonieuse entre l'exosquelette et son utilisateur, Faulhaber a développé un moteur innovant à composants tout-en-un avec un capteur de couple.



Un capteur de couple développé par Faulhaber est chargé de détecter l'interaction entre le dispositif et l'utilisateur.

La médecine distingue plus de 800 maladies neuromusculaires différentes. Comme leur nom l'indique, celles-ci affectent à la fois les nerfs et les muscles. Certaines agissent sur l'ensemble de l'organisme, d'autres seulement sur certaines parties du corps. En dépit de leur nombre important, elles sont heureusement relativement rares. Les patients concernés souffrent souvent d'une forte limitation de leur mobilité. Malgré la diversité des causes et des évolutions, ces maladies ont un point commun : la faiblesse musculaire souvent

**« Lorsque la faiblesse nerveuse ou musculaire se manifeste dans les jambes, la marche devient de plus en plus difficile et, à un moment donné, elle ne fonctionne plus du tout sans support. »**

progressive (dystrophie musculaire). « Lorsque la faiblesse nerveuse ou musculaire se manifeste dans les jambes, la marche devient de plus en plus difficile et, à un moment donné, elle ne fonctionne plus du tout sans support », explique Mohamed Bouri, directeur du groupe de recherche Rehabilitation and Assistive Robotics (REHA Assist) à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, en Suisse (EPFL). Les muscles sont encore fonctionnels, mais ils ne fournissent plus assez de force pour une position debout stable et un mouvement indépendant des jambes. Cela a



La pièce maîtresse du système d'entraînement est le moteur sans balais 3274 BP4 d'un diamètre de 32 millimètres.

bien sûr un impact énorme sur l'amplitude de mouvement et la qualité de vie. « Les effets de l'hémiplégie après un accident vasculaire cérébral sont similaires. Notre objectif était de surmonter ces limitations autant que possible à l'aide d'un support motorisé, et donc de continuer à tirer parti de la contribution du patient à ses propres mouvements » relate le directeur de recherches.

### Assistance partielle légère

Le directeur du groupe de recherche fait référence aux exosquelettes conventionnels déjà utilisés qui s'appuient sur une technologie inspirée des humanoïdes. Ces dispositifs permettent aux personnes paraplégiques de marcher sans béquilles, mais ils pèsent plus de 40 kilogrammes. Avec seulement 25 kilos, le système Autonomyo développé par REHA Assist est bien plus léger et fonctionne avec l'appareil musculosquelettique affaibli mais encore partiellement fonctionnel du patient.

Le dispositif est fixé au torse par un corset et aux jambes de l'utilisateur par des manchettes. De chaque côté, trois moteurs fournissent la puissance qui fait défaut aux muscles pour le mouvement. Deux d'entre eux sont respectivement responsables de la flexion et de l'extension de la hanche et du genou. Le troisième moteur soutient l'abduction et l'adduction, c'est-à-dire l'écartement latéral de la jambe au niveau de l'articulation de la hanche. Ensemble, ces moteurs aident le patient à garder son équilibre et à marcher debout. Dans une étude clinique récemment menée auprès de personnes souffrant de troubles de la marche, il a pu être démontré

qu'Autonomyo fonctionnait comme prévu : l'exosquelette apporte son soutien tout en laissant une certaine liberté de mouvement, en respectant les intentions de l'utilisateur. L'amplitude des mouvements articulaires et la cadence de la marche ne sont pas affectées négativement.

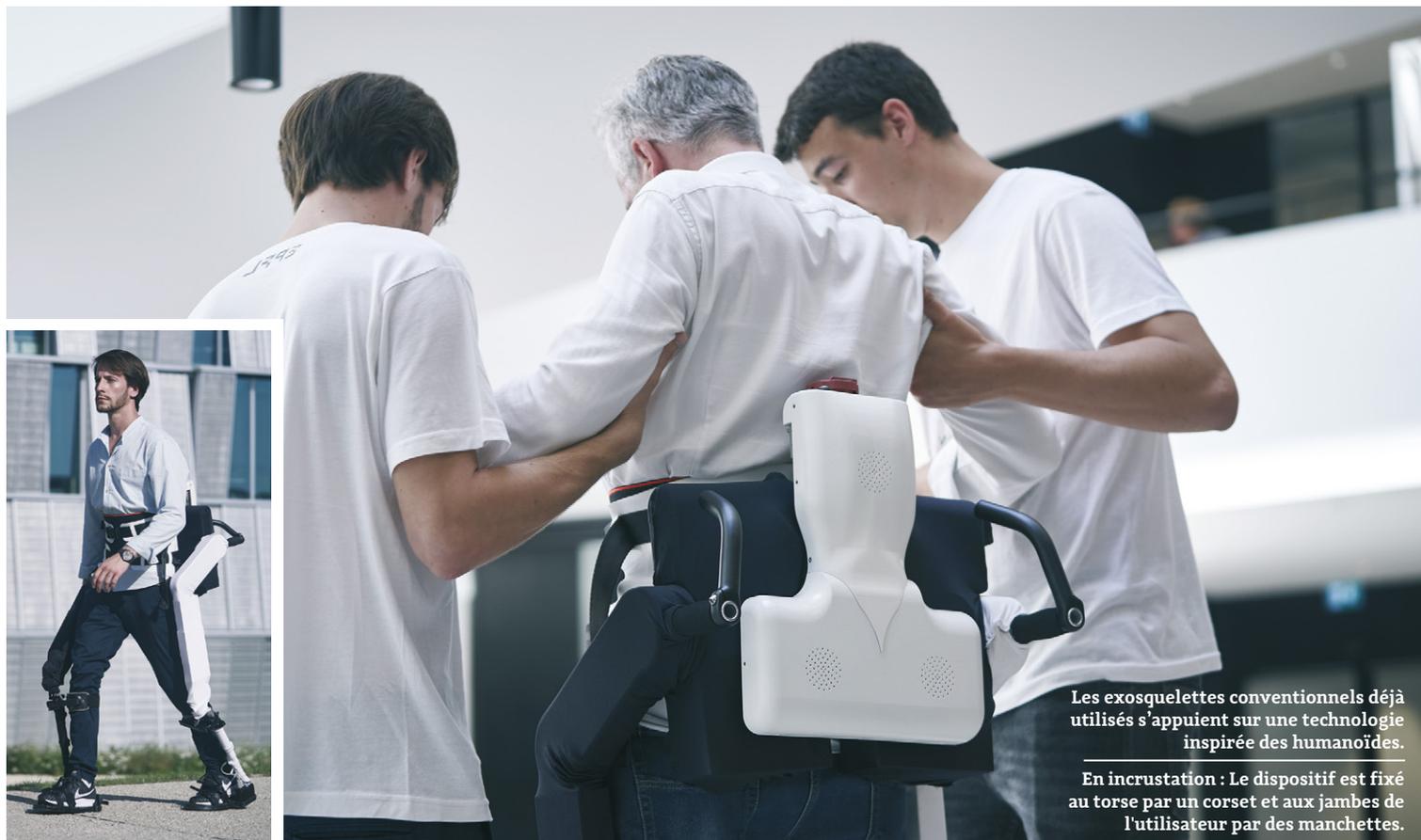
### Rétroaction du système de mesure magnétique

Il est essentiel que le dispositif assiste la marche selon les intentions de l'utilisateur. « Le déclenchement initial pour changer de position, c'est-à-dire pour commencer à marcher, s'exprime par un léger changement dans la position du membre

inférieur, explique Mohamed Bouri. Nous le détectons en combinant les informations en provenance d'une unité de mesure inertielle, de huit capteurs de charge au niveau des semelles et des codeurs des moteurs qui font office de capteurs de position des articulations. Toutes ces données contribuent à l'aide à l'équilibre. »

Pendant la marche, l'interaction entre le dispositif et l'utilisateur est cruciale. Un capteur de couple développé par Faulhaber est chargé de détecter cette interaction et donc de mettre en œuvre la stratégie d'assistance avec précision.

« Le projet d'intégration d'un capteur de couple précis dans un moteur a débuté il y



© FAULHABER

Les exosquelettes conventionnels déjà utilisés s'appuient sur une technologie inspirée des humanoïdes.

En incrustation : Le dispositif est fixé au torse par un corset et aux jambes de l'utilisateur par des manchettes.

a quelques années avec pour but alors de promouvoir des applications telles que la cobotique pour des interactions homme-robot sûres, explique Frank Schwenker, chef de groupe pour l'ingénierie avancée chez Faulhaber. Avec Autonomyo, nous sommes pour la première fois en mesure de mettre en œuvre ce concept dans une application difficile de technologie d'assistance. »

La technique classique de détection du couple utilise des jauges de déformation sur les composants qui sont déformés par la force appliquée. Le point faible de leur conception est le lien adhésif qui sert à les installer. Les développeurs d'ingénierie avancée les ont remplacés par un système de mesure magnétique à haute résolution. « Nous obtenons ainsi un écart de moins de 1,5% dans la plage de mesure de plus ou moins 30 newton-mètre, souligne Frank Schwenker. Le capteur fournit donc une valeur très précise du couple de réaction dans le mouvement de marche. »

Cette valeur présente une signification centrale pour la commande de l'exosquelette, qui intègre bien sûr de nombreuses autres variables. « L'adaptation du dispositif à chaque patient nécessite un calibrage très différencié de l'ensemble du système, explique Mohamed Bouri. Sur la base des différents paramètres et de

la rétroaction du mouvement, le logiciel calcule les signaux de commande destinés aux entraînements. Ces informations permettent de déterminer le type et le niveau de l'assistance par ces moteurs. »

### Puissance d'entraînement et potentiel de développement

La pièce maîtresse du système d'entraînement est le moteur sans balais 3274BP4 d'un diamètre de 32 millimètres. Dans sa catégorie, il offre la plus grande puissance disponible sur le marché. Sa force est transmise par un réducteur planétaire 42GPT avec un arbre spécialement conçu pour cette application. Un codeur magnétique IE3 fournit les données de position à la commande. Le capteur de couple est intégré dans les réducteurs des quatre moteurs pour les mouvements de flexion/extension.

Les exigences relatives aux unités d'entraînement sont typiques pour les petits moteurs haut de gamme. Des performances élevées pour un volume et un poids aussi faibles que possible, la précision, la fiabilité et une longue durée de vie font partie des caractéristiques les plus importantes dans cette application. « Trouver le bon fournisseur n'a pas été particulièrement difficile, se souvient

Mohamed Bouri. Nous avons défini les spécifications et, à partir de là, le nombre de moteurs admissibles était tout à fait gérable. Notre université travaille déjà avec le fabricant dans le groupe de recherche inter-facultés d'astrophysique et il y avait donc de bons contacts et des références significatives. De plus, le fabricant était prêt et capable de développer le capteur de couple dans un délai très court. C'était essentiel pour notre projet. »

Pour l'instant, le composant ne fait pas partie des produits de série et a uniquement été fabriqué en petites quantités pour l'EPFL. Cependant, l'ingénieur en développement Frank Schwenker imagine un certain nombre d'autres domaines d'application : « La mesure du couple à haute résolution peut apporter une grande valeur ajoutée dans toutes les applications haptiques. Cela s'applique, par exemple, à tous les types d'assistance robotique en salle d'opération où le chirurgien guide l'instrument et la machine fournit force et précision. Mais le capteur peut également assumer une fonction de protection et être utilisé pour la limitation du couple. En outre, il s'avère parfait pour la documentation dans l'assurance qualité, à chaque fois qu'il est nécessaire de démontrer des valeurs de couple très précises. » ■