

# L'HUMAIN BIONIQUE

## EST-IL À NOS PORTES ?

Les exosquelettes, armatures à caractère futuriste, commencent à conquérir l'industrie et la médecine... Seront-ils à la hauteur de leurs promesses ?

PAR SYLVIE ST-JACQUES

**D**ans un laboratoire de l'entreprise Mawashi à Saint-Jean-sur-Richelieu, Alex, un ex-militaire athlétique en tenue de camouflage, court sur un tapis roulant sous l'œil attentif d'un kinésologue. Plusieurs capteurs placés sur ses genoux, son torse et ses jambes sont reliés à un moniteur. Par-dessus les vêtements de l'ancien soldat, un prototype de l'exosquelette Uprise permet de mieux distribuer le poids du sac à dos qu'il porte en épargnant sa colonne vertébrale.

L'exosquelette conçu par Mawashi est fait de tiges de titane qui descendent le long des jambes de l'ancien soldat et sont fixées à une ceinture coulissante. Celle-ci est rattachée, dans le dos, à une structure articulée ressemblant à une colonne vertébrale sur laquelle peut être accroché le sac à dos. L'ensemble épouse avec fluidité les mouvements du soldat.

« J'aime le fait de ressentir moins de pression dans les genoux. Je ne sens pas

le poids des charges que je porte parce qu'il est réparti afin d'épargner mes articulations », témoigne Alex. « Grosso modo, l'exosquelette prend 70 % de la charge qu'Alex porte, puis la redirige vers le sol. Cela lui permet d'éviter les blessures », ajoute Alain L. Bujold, président de cette entreprise québécoise experte en commercialisation et conception d'exosquelettes.

C'est en réponse à un appel d'offres de l'OTAN que cette compagnie en démarrage a conçu l'Uprise. Les graves blessures recensées en Irak et en Afghanistan ont motivé l'alliance militaire à financer la mise au point d'exosquelettes conçus pour les soldats en mission, qui sont appelés à transporter des charges allant parfois jusqu'à 77 kg (170 lb).

Mais il n'y a pas que l'armée qui s'intéresse à ces armatures à enfileur, destinées à apporter une aide à l'ensemble du corps ou un soutien à certains membres.

Les exosquelettes, dont le nom fait référence aux carapaces d'insecte et qui



Vues de dos et de face de l'exosquelette Uprise, conçu par l'entreprise québécoise Mawashi et destiné à faciliter le transport des charges par les soldats en mission.



peuvent être motorisés ou non (comme l'Uprise), ont la capacité de soulager les postures contraignantes et les douleurs associées aux gestes répétitifs dans tous les secteurs d'activité, de la manutention au travail à la chaîne. En plus de réduire les troubles musculosquelettiques, ils promettent d'améliorer les performances humaines – et la productivité – en accélérant la cadence ou en décuplant la force des travailleurs.

À titre d'exemple, Ford, Boeing et Toyota ont récemment adopté, dans certaines usines, ces «ouvriers bioniques». Fin 2019, l'entreprise américaine Sarcos commercialisera deux armatures pour les travailleurs de la construction, dont le Guardian XO Max, un exosquelette qui permet de lever «sans effort» de façon répétée des charges allant jusqu'à 90 kg (198 lb)!

Si la technologie paraît futuriste, elle suscite un engouement bien réel. Selon un rapport du cabinet de conseil ABI Research paru l'an dernier, les revenus des fabricants d'exosquelettes passeront de 104 millions de dollars américains en 2018 à 2,9 milliards en 2028, uniquement pour répondre aux besoins du secteur industriel, qui sera bientôt le marché le plus important pour cette technologie.

## EFFETS MITIGÉS

Mais ces dispositifs qui semblent appartenir à la science-fiction peuvent-ils vraiment limiter la pénibilité au travail? Jean Theurel, chercheur à l'Institut national de recherche et de sécurité, en France, n'en est pas convaincu. Ses récents travaux se concentrent sur la prévention des risques professionnels liés à l'usage de ces systèmes et sur l'acceptation de la machine par le corps humain.

Il insiste sur le fait qu'il faut établir une nette distinction entre les exosquelettes robotisés et ceux qui ne le sont pas. Les robotisés sont ceux qui comportent le plus d'écueils parce qu'ils freinent la fluidité des mouvements. «Il y a des conséquences biomécaniques et neurophysiologiques qui sont associées à l'usage des exosquelettes, qui changent le calibre de notre corps. Nous essayons de comprendre comment le cerveau gère cela», explique le chercheur, qui a signé en octobre 2018 un rapport de synthèse sur les répercussions des exosquelettes sur la santé des travailleurs.

Selon son analyse, «les exosquelettes s'avèrent relativement efficaces pour limiter les contraintes musculaires locales [...], permettant des baisses de 10 à 60% du

« Les exosquelettes s'avèrent relativement efficaces pour limiter les contraintes musculaires locales. »

– Jean Theurel, chercheur à l'Institut national de recherche et de sécurité en France



niveau d'activité des muscles mobilisant l'articulation assistée par l'exosquelette, en comparaison d'une même tâche réalisée sans équipement ». Mais les études manquent pour comprendre les réponses physiologiques plus globales liées à l'usage de telles armatures. Ont-elles des conséquences sur la posture ? sur l'activité cardiaque ? sur la sollicitation des membres inférieurs ou des tendons ?

« Le corps et le cerveau sont adaptés pour prendre en compte des éléments comme la gravité. À l'heure actuelle, aucune machine ne possède une intelligence du mouvement équivalente à celle du corps », résume Jean Theurel. Il observe que ce sont les interfaces se rapprochant le plus de la mécanique humaine qui offrent les résultats les plus probants pour la conception d'exosquelettes efficaces et ergonomiques.

En attendant de faire leurs preuves auprès des travailleurs, les exosquelettes pourraient changer la donne dans le domaine médical, qu'il s'agisse de permettre aux personnes paraplégiques d'effectuer certains mouvements, de faciliter le déplacement des gens à mobilité réduite ou encore de prévenir les chutes chez les aînés.

La technologie convainc déjà des autorités en santé publique : en 2014, la Food and Drug Administration a approuvé le ReWalk, un exosquelette motorisé pour les hanches et les genoux, puis en février 2016 le Parker Indego, qui favorise la marche chez les gens paraplégiques.

Dany Gagnon, chercheur à l'École de réadaptation de l'Université de Montréal, travaille justement sur des exosquelettes

qui renforcent la motricité. Il se dit motivé par le besoin de mieux servir la clientèle des établissements de réadaptation. Une demande accrue des patients pour ces technologies – « plusieurs personnes en entendent parler sur le Web », dit-il – est à l'origine de son intérêt. Il y a quatre ans, Dany Gagnon a donc fait l'acquisition d'un exosquelette robotisé de marche qui lui a servi de canevas.

Le prototype qu'il élabore avec son équipe est une combinaison robotisée pour faciliter la marche que les gens enfilent. Sa clientèle cible : des personnes atteintes de problèmes neurologiques ou de lésions de la moelle épinière, qui ont subi un accident vasculaire cérébral ou qui souffrent de sclérose en plaques entre autres.

« Pour ces gens, l'exosquelette peut être utilisé pour promouvoir la pratique de l'activité physique, pour récupérer des capacités locomotrices ou dans une perspective de neuroréadaptation », précise-t-il.

Mais là encore, la science a du chemin à faire pour surmonter certains obstacles. « La technologie s'est beaucoup améliorée depuis les cinq dernières années et continuera de progresser, à moyen et long terme. À l'heure actuelle, il est irréaliste de penser qu'une personne handicapée puisse fonctionner de manière autonome avec un exosquelette, comme si celui-ci pouvait remplacer le fauteuil roulant », indique Dany Gagnon, dont l'exosquelette ne permet pas de marcher sur des plans inclinés ni de monter des escaliers, de s'asseoir, de se lever... « Les systèmes actuels ne sont pas encore assez intelligents pour assurer la gestion de l'équilibre. »

## VERS UN MONDE BIONIQUE

Chose certaine, plusieurs voient dans ces dispositifs d'alléchantes occasions d'affaires. Mawashi ne compte pas se limiter au secteur militaire, et l'entreprise a des visées sur le monde hospitalier – et ses employés souvent blessés à force de soulever des patients –, sur les ambulanciers, les pompiers et les travailleurs de la construction. Alain L. Bujold mentionne aussi le milieu du plein air, un marché en pleine expansion aux États-Unis. « Beaucoup de gens dans la cinquantaine qui ont pratiqué des activités de plein air toute leur vie veulent continuer d'être actifs. On veut concevoir pour cette clientèle des exosquelettes en plastique, qui coûteront moins cher. »

En effet, les exosquelettes existants ne sont pas à la portée de toutes les bourses. Les différents modèles du ReWalk se détaillent entre 69 500 \$ US et 85 000 \$ US. À cet effet, Pascale Lehoux, chercheuse en bioéthique à l'École de santé publique de l'Université de Montréal, estime que l'accroissement des possibilités du corps humain ne doit pas évacuer les questions de justice sociale. « Un des défis du 21<sup>e</sup> siècle sera de mettre au point des technologies abordables, qui vont réellement répondre aux besoins des gens tout en intégrant les dimensions écologiques », dit-elle.

Pour l'heure, la chercheuse signale que l'intérêt d'une entreprise comme Mawashi pour les exosquelettes est opportun : historiquement, les avancées militaires ont souvent trouvé des applications civiles, notamment dans le domaine de la santé, comme ce fut le cas avec l'échographie.



Une initiative de



Réalisée grâce au soutien de

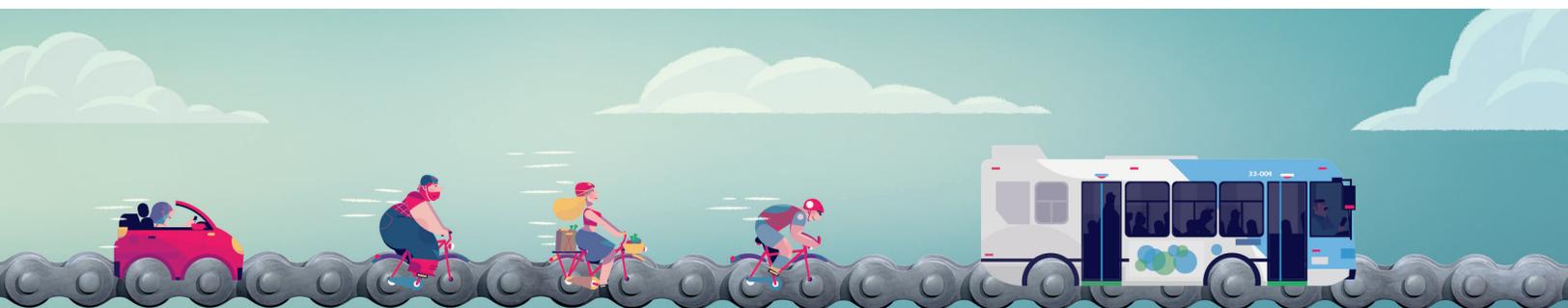


PARTAGELAROUTE.COM

Le professeur Dany Gagnon travaille à perfectionner une combinaison robotisée pour faciliter la réadaptation de personnes qui ont perdu des capacités motrices.



IMAGE : FONDATION RÉA



**SUR LA ROUTE, NOTRE SÉCURITÉ EST LIÉE À CELLE DES AUTRES.**



PHOTOS : PIER GAGNÉ (DÉCOUVERTE, RADIO-CANADA)

Même si la technologie progresse, pour le moment, « il est irréaliste de penser qu'une personne handicapée puisse fonctionner de manière autonome avec un exosquelette, comme si celui-ci pouvait remplacer le fauteuil roulant », selon le chercheur Dany Gagnon.

« Cependant le “cahier des charges” d'un ingénieur qui travaille sur un exosquelette pour l'armée n'est sans doute pas le même que celui pour des prothèses destinées à la réadaptation ou au monde manufacturier », avertit Pascale Lehoux.

Elle ajoute que « la recherche qui se fait sur les exosquelettes est pour l'instant davantage axée sur l'augmentation des performances du corps et le dépassement de la normalité plutôt que sur le besoin de pallier un handicap ». C'est d'ailleurs en ces termes que l'entreprise Mawashi parle de son exosquelette, présenté comme un « système d'amélioration de l'humain ». Un discours qui s'apparente à celui des transhumanistes qui, en résumé, espèrent décupler les performances physiques et intellectuelles de l'humain grâce aux progrès technologiques. « Cet aspect intéresse les sociologues et les philosophes parce qu'il touche à la représentation de la nature de l'humain et met en question jusqu' où on peut aller... », souligne Pascale Lehoux.

Les avancées relatives aux exosquelettes ouvrent ainsi la porte à tous les fantasmes. « L'humanité va mettre fin aux handicaps », clamait Hugh Herr, grimpeur, ingénieur et chef du groupe de recherche sur la biomécatronique au Massachusetts Institute of Technology (MIT), dans une conférence TED donnée au printemps 2018. Le thème : « Comment nous deviendrons cyborgs et prolongerons le potentiel humain. » Lui-même amputé des deux jambes à la suite d'un accident d'escalade, Hugh Herr considère que les processus de design des prothèses devront à l'avenir être pensés en fonction de la non-séparation entre le système nerveux et la technologie. La frontière séparant les mondes naturel et artificiel sera de plus en plus floue, affirme-t-il.

Quelque part entre la fascination futuriste associée au transhumanisme et les demandes bien concrètes pour soutenir les travailleurs, les exosquelettes font des premiers pas qui annoncent un alliage entre le corps et la machine. 

« La frontière séparant les mondes naturel et artificiel sera de plus en plus floue. » 

— Hugh Herr, chef du groupe de recherche sur la biomécatronique au MIT