

# Exosquelettes robotiques

Auteur : *Sharon Jang* | Réviseur : *Riley Louie* | Publication : 7 avril 2021 | Mise à jour : ~

Les nouvelles technologies ont mené à la création d'appareils robotiques portables afin d'améliorer le mouvement des jambes pour des activités telles que la station debout et la marche. Ce document traite de son utilisation chez les personnes après une lésion de la moelle épinière (LME).

## Points clés

- Les exosquelettes robotiques sont des dispositifs électromécaniques qui sont portés autour des membres pour soutenir des activités telles que la station debout et la marche chez les personnes ayant eu une LME.
- En plus d'améliorer la mobilité, les exosquelettes robotiques permettent des niveaux d'activité accrus pour des bienfaits généraux pour la santé liés à l'exercice régulier.
- Les limites de l'utilisation des exosquelettes incluent leur coût élevé, leur disponibilité limitée et leur utilisation restreinte dans des environnements réels.
- Des évidences scientifiques modérées montrent que les exosquelettes augmentent la sécurité et diminuent les besoins énergétiques pendant la marche chez les personnes ayant une LME thoracique.

## Que sont les exosquelettes robotiques ?

Les exosquelettes robotiques sont des dispositifs électromécaniques portables qui améliorent le mouvement des jambes. Bien qu'initialement développés pour l'armée, les exosquelettes robotiques ont commencé à être utilisés dans un cadre de rééducation pour faciliter le mouvement de jambes faibles ou paralysées. Dans un cadre de rééducation, ces appareils sont aussi connus sous le nom d'orthèses de marche motorisées. Elles sont alimentées électriquement aux articulations, permettant aux hanches, genoux et chevilles de bouger. Le plus grand avantage des exosquelettes par rapport aux orthèses ou aux appareils orthopédiques passifs est qu'ils sont programmés pour permettre un mouvement coordonné sans trop d'effort de la part de l'utilisateur. C'est d'autant plus vrai que les exosquelettes supportent leur propre poids ainsi que celui de l'utilisateur. Les mouvements que la plupart des exosquelettes assistent incluent le transfert assis debout et la marche.



*Un exosquelette robotique peut aider les individus ayant une LME à marcher de manière autonome.<sup>1</sup>*

Depuis 2019, de nombreux modèles différents d'exosquelettes existent, et ce nombre continue d'augmenter à mesure que la recherche et les technologies progressent. Cependant, il est important de noter que seulement trois modèles ont été approuvés pour la vente par la FDA en Amérique du Nord et seulement deux ont été approuvés pour un usage domestique, tandis que l'autre n'est approuvé qu'à des fins de recherche et de réadaptation. Les deux qui sont approuvés pour un usage domestique sont le ReWalk et l'Indigo, tandis que l'Ekso a été approuvé à des fins de recherche et de réadaptation. Les modèles actuels d'exosquelettes ont la capacité de se déplacer de 0.2 à 2.6 km/h et pèsent entre 12 et 38 kg.

Les exosquelettes font progressivement leur entrée dans la communauté. Actuellement, la plupart des modèles peuvent seulement se déplacer sur des surfaces planes et lisses. Cependant, certains peuvent monter des pentes. De plus, les nouveaux modèles ont la fonction supplémentaire de permettre à l'utilisateur de s'asseoir ou d'utiliser un fauteuil roulant sans devoir retirer l'appareil. Ces caractéristiques peuvent augmenter l'indépendance des personnes atteintes de LME et permettre / améliorer la performance pour certaines activités telles que de se tenir debout, marcher et monter des escaliers. Cependant, ces appareils demeurent chers, allant de 70 000 à 120 000 \$ US.

Pour décider si les exosquelettes robotiques sont une option appropriée pour vous, un fournisseur de soins de santé effectuera une évaluation où il prendra en compte des facteurs tels que le niveau de la lésion, le risque de chute et de fracture et l'amplitude des mouvements. Une fois que les exosquelettes sont jugés appropriés, une formation sera nécessaire pour apprendre à utiliser correctement l'appareil. Un physiothérapeute ou un soignant peut vous aider à mettre et à retirer l'appareil. Généralement, les pieds sont placés sur des appuis-pied et le torse, les hanches et les jambes sont attachés dans l'exosquelette. Certains modèles s'étendent vers le haut pour inclure une structure en forme de sac à dos, qui offre plus de support pour le tronc et contient l'ordinateur et la batterie. D'autres modèles sont fixés uniquement à la taille et en dessous. De plus, certains modèles peuvent être programmés de manière externe à l'aide d'une tablette. Une paire de béquilles d'avant-bras ou une marchette est souvent utilisée pour maintenir l'équilibre. Lorsqu'une personne ayant une LME marche, les capteurs intégrés et les articulations motorisées (hanche, genou et/ou cheville) s'adaptent constamment et encouragent un patron de marche rythmique. Lorsque la personne améliore sa propre fonction de marche et nécessite moins d'assistance, l'exosquelette peut être ajusté pour fournir moins de soutien.

## Quelle est l'histoire des exosquelettes robotiques ?

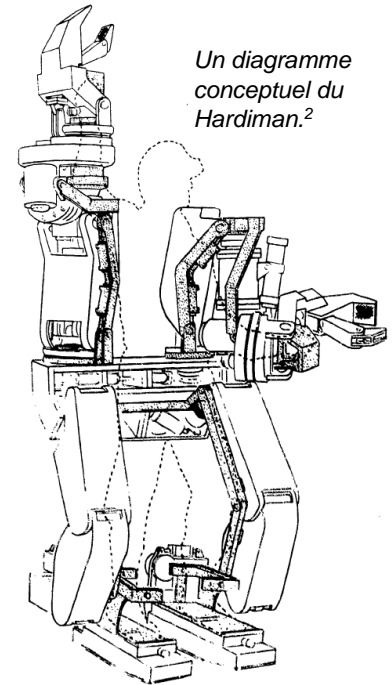
Le terme «exosquelette» a été à l'origine emprunté à la biologie animale. Un exosquelette (comme une coquille) est une enveloppe extérieure qui protège et soutient l'animal. De la même manière, les exosquelettes robotiques ont été conçus pour aider à soutenir et à améliorer le mouvement humain de manière externe.

Les premiers exosquelettes ont été développés dans un but militaire, visant à aider les soldats à porter des charges plus lourdes, à courir plus vite et à sauter plus haut. En 1968, le premier exosquelette, surnommé le «Hardiman», a été développé en partenariat avec l'armée américaine. Cet exosquelette était initialement conçu pour aider à amplifier la force des soldats de 25 fois (c.-à-d. que soulever un objet de 1500 lb donnerait l'impression de soulever un objet de 60 lb). Bien que le Hardiman ait été créé et qu'il fonctionnait, il n'était pas sans limites. Premièrement, l'exosquelette lui-même pesait 1500

1b. Il était alimenté hydrauliquement et nécessitait des pompes et des réservoirs capables de remplir une pièce. Malgré ses capacités, il n'était pas très fonctionnel.



En 1972, une équipe yougoslave a développé le premier exosquelette fonctionnel : le *marcheur cinématique*. Cet appareil était le premier de son genre ; un robot motorisé constitué d'un seul actionneur hydraulique (moteur), ce qui réduisait sa taille. Le *marcheur cinématique* a été conçu comme une orthèse de marche et permettait d'effectuer des mouvements fluides. Certains mouvements que l'exosquelette était capable d'effectuer incluaient la flexion et



Un diagramme conceptuel du *Hardiman*.<sup>2</sup>

l'extension de la hanche, du genou et de la cheville, en plus de l'abduction et l'adduction des jambes. Bien que cet exosquelette ne pesait que 12 kg, il nécessitait une source d'alimentation séparée et un ordinateur, qui étaient situés à l'extérieur de l'exosquelette.

En 2001, les premiers produits d'exosquelettes ont commencé à être commercialisés. Le *Lokomat*, un exosquelette robotique qui était suspendu au-dessus d'un tapis roulant, a été l'un des premiers exosquelettes utilisés pour la rééducation. Pendant ce temps, la *US Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) annonçait son programme d'augmentation des performances humaines, qui offrait un financement pour développer des exosquelettes à usage militaire. À partir de ce financement, deux groupes séparés ont développé des exosquelettes – le *Berkeley Lower Extremity Exoskeleton* (BLEEX) et la combinaison Raytheon XOS. Ces deux combinaisons ont été créées pour aider les soldats à porter un poids supplémentaire (jusqu'à 200 lb!) sans le sentir.

Pour de l'information sur la robotique sur tapis roulant, référez-vous à nos articles sur l'entraînement sur tapis roulant avec support du poids corporel et sur la stimulation électrique fonctionnelle.



À partir de 2010, davantage d'exosquelettes basés sur la rééducation ont commencé à entrer sur le marché. Il s'agit notamment des dispositifs d'assistance fréquemment vus dans les médias aujourd'hui, tels que les exosquelettes Ekso, ReWalk et Indego. Ces modèles sont décrits dans la section ci-dessous.

## Quels types d'exosquelettes sont disponibles ?

Plusieurs types d'exosquelettes sont actuellement disponibles pour les personnes atteintes de LME. Tandis que certains exosquelettes sont seulement autorisés à des fins de rééducation, certains ont des modèles distincts pour un usage personnel ou domestique. Ci-dessous, nous discutons des différences générales entre les exosquelettes de rééducation et personnels.

## Exosquelettes de rééducation

Les exosquelettes utilisés pour la rééducation sont généralement plus lourds que les exosquelettes personnels et sont souvent contrôlés par un ordinateur et une batterie situés dans un sac à dos porté par l'utilisateur. Cependant, les exosquelettes de rééducation sont souvent dotés de capacités plus personnalisables. Par exemple, l'Ekso et le ReWalk permettent au clinicien de modifier la quantité de puissance (c.-à-d. le soutien du robot) pour chaque jambe selon les capacités de l'utilisateur. De manière similaire, la version de l'Indego conçu pour les thérapies permet au clinicien de contrôler la quantité de poids supporté par l'exosquelette et la quantité d'assistance au mouvement fournie par l'exosquelette. De plus, la manière dont les pas sont déclenchés peut être programmée de différentes manières : p. ex. en appuyant sur un bouton, en transférant le poids de votre corps ou en amorçant un pas en utilisant vos propres muscles. Ces modèles cliniques plus volumineux sont habituellement de taille unique, permettant aux cliniciens d'ajuster les dimensions de l'appareil (c.-à-d. la longueur des jambes, la largeur des hanches, etc.) pour traiter leurs clients de différentes tailles.



Les exosquelettes Ekso (gauche), ReWalk (milieu) et REX (droite).<sup>4-6</sup>

Le REX est différent de tous les exosquelettes susmentionnés puisqu'il est contrôlé avec une manette et qu'il est capable de s'autoéquilibrer, ce qui le rend essentiellement «mains libres». Cette fonction permet aux individus d'effectuer des exercices en position debout, y compris des squats, des fentes et des exercices du haut du corps en utilisant les deux mains.



L'Indego (gauche) et le ReWalk (droite).<sup>7-8</sup>

## Exosquelettes personnels

Les exosquelettes qui ont été conçus pour un usage domestique sont généralement plus légers et fournissent un soutien limité au torse. Les exosquelettes personnels ont une batterie qui est connectée à la taille, mais fonctionnent par ailleurs de la même manière que les modèles de rééducation en ce sens qu'un transfert de poids amorce un pas. De plus, certaines compagnies d'exosquelettes ont développé des applications qui accompagnent l'exosquelette, permettant à l'utilisateur d'accéder de manière indépendante aux données de performance. Ces exosquelettes personnels sont habituellement développés sur mesure pour s'adapter aux dimensions corporelles uniques de l'utilisateur.

## À quoi servent les exosquelettes ?

Bien qu'il y ait de nombreux avantages supposés à l'utilisation des exosquelettes robotiques chez les personnes ayant une LME, il manque de preuves scientifiques fortes. Les exosquelettes sont généralement utilisés pour améliorer la mobilité après une LME, où ils peuvent être utilisés pour l'entraînement à la marche (démarche) durant la réadaptation ou dans la communauté (à la maison) pour effectuer des activités quotidiennes simples. Bien que des recherches supplémentaires soient nécessaires, certaines recherches ont suggéré que marcher avec un exosquelette peut avoir des avantages supplémentaires pour la santé :

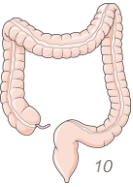
## Spasticité



Les résultats sont mitigés concernant les effets de la marche avec un exosquelette sur la spasticité. Plusieurs études (preuves scientifiques faibles) ont montré que l'utilisation d'exosquelettes peut entraîner une diminution de la spasticité. Malgré ces avantages notés, une étude de faible preuve scientifique a rapporté des résultats mitigés sur la spasticité puisque 26.7% de leur échantillon d'étude a vu une diminution de la spasticité, tandis que 62.2% des participants n'ont vu aucun changement et 11.1% ont vu une augmentation de leur spasticité. L'impact de la marche avec un exosquelette sur la spasticité peut être lié au niveau de base de spasticité de l'utilisateur. Dans une étude de faible preuve scientifique, les utilisateurs qui avaient un faible niveau de spasticité avant d'utiliser un exosquelette ont vu une augmentation de la spasticité; cependant, cette augmentation de la spasticité a finalement diminué sur 12 semaines pour revenir presque à zéro. Les personnes qui avaient déjà de hauts niveaux de spasticité avant de marcher dans un exosquelette n'ont vu aucun changement au niveau de leur spasticité.

Pour revoir ce que nous signifions par une évidence «forte», «modérée» et «faible», référez-vous au [SCIRE Community Evidence Ratings](#).

## Fonction intestinale



Il y a de faibles preuves scientifiques qui suggèrent que la marche avec un exosquelette peut aider diverses fonctions intestinales, notamment une meilleure régularité des mouvements intestinaux, moins de temps nécessaire pour la gestion intestinale et une diminution de la dose de lavement. Cependant, deux études (preuve scientifique faible) n'ont trouvé aucun effet sur la fonction intestinale.

## Santé des os



Après une LME, la densité minérale osseuse des jambes diminue à un rythme rapide à cause de l'inactivité et les activités de mise en charge ont le potentiel d'aider à restaurer la densité minérale osseuse. Une étude (preuve scientifique faible) a révélé que marcher dans un exosquelette peut augmenter la densité minérale osseuse jusqu'à 14% avec un entraînement de 6 semaines.

## Forme physique



Certaines recherches (preuve scientifique faible) suggèrent que marcher dans un exosquelette peut fournir un bon exercice pour le cœur et la force des membres supérieurs et inférieurs chez les personnes ayant une LME incomplète. Plus de détails à propos des effets des exosquelettes sur la forme physique sont discutés ci-dessous dans la section : « [Puis-je profiter des bienfaits de l'exercice en marchant dans un exosquelette ?](#) »

## Douleur



Quelques études (preuve scientifique faible) rapportent une diminution de la douleur avec l'utilisation d'un exosquelette, l'une notant une réduction de la douleur, mais pas suffisamment pour avoir un impact significatif sur la vie quotidienne (c.-à-d. la signification clinique). D'un autre côté, certaines études de faible preuve scientifique n'ont trouvé aucun effet de la marche avec un exosquelette sur la douleur.

## Plaies de pression



Il existe de faibles preuves de recherche que marcher dans un exosquelette peut aider à éviter les effets négatifs de la position debout ou assise prolongée (p. ex. les plaies de pression).

Référez-vous à nos articles sur les [plaies de pression](#), la [douleur](#) et la [spasticité](#) pour plus d'information !



## Quels sont les risques et les considérations liés à l'utilisation d'un exosquelette ?

Bien qu'un certain nombre d'avantages soit associé à l'utilisation d'un exosquelette, il existe également des facteurs à considérer avant d'utiliser l'appareil en thérapie ou à long terme.

### Risques liés à l'utilisation d'un exosquelette

Les exosquelettes robotiques sont généralement sécuritaires lorsqu'ils sont utilisés avec vigilance. Cependant, il existe certains risques liés à son utilisation. Des effets indésirables légers qui ont été rapportés dans les recherches incluent : une rougeur de la peau, de petites écorchures (c.-à-d. éraflures), enflure légères des articulations et de petites ecchymoses. De plus, comme d'autres orthèses et appareils orthopédiques simples, les chutes et les fractures ont été identifiées comme un risque. Il est suggéré (faible preuve scientifique) que la famille et les amis des utilisateurs d'exosquelette devraient être formés pour faire face aux situations d'urgence, telles que les chutes ou l'arrêt inopiné de l'exosquelette.

### Considérations pour l'utilisation d'un exosquelette dans la communauté

Bien que l'utilisation à domicile d'un exosquelette semble prometteuse, elle comporte certaines limites. Celles-ci incluent :

- Vitesses de marche lentes, qui peuvent ne pas être idéales pour les activités quotidiennes.
- Coût d'achat de l'appareil élevé.
- Manque de disponibilité des exosquelettes faits pour la communauté.
- Capacité limitée ou faible efficacité pour se déplacer sur des surfaces inégales (p. ex. pentes, marches) ou pour des mouvements complexes (tourner, faire un pas sur le côté, reculer).
- Être sujet aux dommages liés à l'eau (ils ne sont pas étanches)

## Y a-t-il des restrictions ou des précautions pour l'utilisation d'exosquelettes robotiques ?

Dans certaines situations, une attention particulière est nécessaire pour déterminer si les exosquelettes robotiques sont appropriés et sécuritaires. Consultez un professionnel de la santé qualifié pour plus d'information sur la sécurité. Les exosquelettes robotiques ne sont pas recommandés pour les personnes :

- Qui sont incapables de tolérer la position debout, même avec un appareil d'assistance (déambulateur, orthèse) en raison de douleurs ou d'autres complications (dysréflexie autonome, hypotension orthostatique).
- Ayant des lésions neurologiques sévères (autres que la LME).
- Ayant une spasticité sévère ou non contrôlée
- Ayant de l'ostéoporose.
- Ayant des fractures.
- Ayant des contractures sévères (déformations qui causent une raideur articulaire et musculaire et limitent les mouvements normaux ou fonctionnels des membres).



*Les contractures extrêmes sont une contre-indication pour l'utilisation d'un exosquelette.<sup>15</sup>*

## Utiliser la stimulation électrique fonctionnelle (SEF) pour contrer la spasticité

Les chercheurs ont construit un nouveau dispositif qui intègre la SEF dans un exosquelette pour résoudre le problème de la spasticité sévère affectant l'utilisation d'un exosquelette. Dans cet hybride SEF-exosquelette, la SEF complète l'exosquelette en stimulant les muscles extenseurs tendus pour faciliter la marche. Les auteurs ont constaté que la spasticité était temporairement réduite lorsque la SEF était utilisée lors de la marche avec un exosquelette. De plus, il a été constaté que le genou était plus facilement étendu lors du passage de la position assise à debout et les forces appliquées sur le genou durant ce changement de position étaient réduites. Bien que cette étude (preuve scientifique faible) soit prometteuse pour les personnes atteintes de spasticité sévère qui veulent utiliser un exosquelette, des recherches supplémentaires sont nécessaires.

## Comment la marche avec un exosquelette évolue-t-elle avec le temps ?

Utiliser un exosquelette nécessite de la pratique. Bien que marcher dans un exosquelette peut sembler intimidant au début, les recherches suggèrent que la maîtrise de la marche s'améliore avec le temps. Tant chez les personnes nouvellement blessées (c.-à-d. moins de 6 mois depuis la blessure) que chez les personnes chroniquement blessées ayant une LME, de faibles preuves scientifiques montrent que la marche dans un exosquelette s'améliore avec le temps.

## Vous allez plus vite

Parmi les personnes nouvellement blessées, une preuve scientifique provenant d'une étude suggère que la vitesse de marche dans un exosquelette devient 3.2x plus rapide après 25 séances d'entraînement d'une heure. De plus, ces personnes étaient capables de marcher plus loin dans un exosquelette après leurs séances d'entraînement. Parmi les personnes blessées chroniquement, des tendances similaires sont observées avec des augmentations de la vitesse de marche dans deux études de preuve scientifique faible. Dans une autre étude de preuve scientifique



faible, il a été constaté que 21 séances étaient nécessaires pour atteindre la vitesse de marche presque maximale à la fin d'une période de 12 semaines, tandis que 62 séances étaient nécessaires pour atteindre la distance de marche presque maximale.

## Moins d'effort est requis

Il existe des preuves scientifiques faibles et modérées qui suggèrent que la quantité d'effort nécessaire pour marcher à l'aide d'un exosquelette diminue avec le temps. Cela était évalué à la fois subjectivement (c.-à-d. les personnes ont l'impression que marcher dans un exosquelette n'était pas aussi difficile au fil du temps) et physiologiquement (c.-à-d. moins de demande pour le corps). Cela suggère que les personnes sont capables de parcourir de plus longues distances avec moins d'effort après s'être entraînées à utiliser un exosquelette.

### L'utilisation d'un exosquelette est-elle différente pour les personnes ayant les lésions aiguës que pour celles ayant des lésions chroniques ?

Les chercheurs ont noté des différences dans l'utilisation des exosquelettes chez les personnes nouvellement blessées et les personnes souffrant de blessures chroniques en ce qui concerne les effets indésirables et les avantages. Parmi les personnes qui ont récemment subi une LME, de faibles preuves scientifiques indiquent que l'effet indésirable le plus courant était l'hypotension orthostatique (une baisse soudaine de la pression artérielle). Une étude a montré que l'hypotension orthostatique se produisait souvent après le premier lever de la personne ou après des pauses (p. ex. pour prendre les signes vitaux ou pour tourner). Cependant, la fréquence des épisodes d'hypotension orthostatique diminuait après quelques séances. De plus, une autre étude (preuve scientifique faible) suggère que les personnes nouvellement blessées peuvent voir leur indépendance et leur qualité de vie s'améliorer, contrairement aux personnes qui souffrent de lésions chroniques. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer l'importance des différences entre les personnes blessées de manière aiguë ou blessées de manière chronique qui utilisent des exosquelettes.

## Qu'est-ce qui influence la vitesse de marche et l'acquisition de compétences lors de l'utilisation d'un exosquelette ?

### Quels facteurs influencent la Vitesse de marche ?

Parmi les personnes ayant une LME qui utilisent des exosquelettes actuels, la vitesse de marche moyenne est de 0.26m par seconde. Cette vitesse est plutôt lente et inférieure à la vitesse moyenne requise pour marcher efficacement dans la communauté (0.8m par seconde) et pour traverser la rue de manière sécuritaire (1.06m par seconde). Cependant, la vitesse de marche dans un exosquelette est sujette à amélioration, selon divers facteurs.



Certains facteurs qui influencent la vitesse de marche incluent l'âge, le niveau et le type de lésion et la quantité de séances d'entraînement suivies par une personne. Des preuves scientifiques (faibles) suggèrent que les personnes ayant une LME incomplète et à un niveau bas sont plus susceptibles d'avoir des vitesses de marche plus rapides. En particulier, une étude (preuve scientifique faible) a montré que les personnes avec une paraplégie à un niveau inférieur (c.-à-d. T9-L1) étaient capables de marcher à des vitesses significativement plus élevées. De plus, il y avait une faible corrélation entre un âge plus élevé et des vitesses de marche plus rapides (c.-à-d. que les adultes plus âgés marchaient légèrement plus vite que les adultes plus jeunes), bien que cela puisse être lié à la différence de gravité des blessures liées à l'âge (c'est-à-dire que les personnes plus âgées avaient des niveaux de blessure plus bas). Aucune corrélation n'a été trouvée avec un temps plus long écoulé depuis la blessure.



## Quels facteurs influencent l'acquisition de compétences ?

Le temps requis pour acquérir les compétences nécessaires pour marcher dans un exosquelette varie considérablement, allant de 6 à 23 séances. Divers facteurs influencent l'acquisition des compétences, notamment le mode de vie, l'âge, l'âge au moment de la blessure et l'indice de masse corporelle (IMC). Une preuve scientifique faible suggère qu'un mode de vie actif est le prédicteur le plus important de la performance des compétences, bien qu'être plus jeune et avoir un IMC plus faible soient également associés à un niveau de compétence plus élevé. De plus, les auteurs notent que même si un niveau de lésion plus bas était un prédicteur positif de compétence entre les 2<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> semaines d'utilisation d'un exosquelette, cela ne prédisait pas les niveaux de compétences finaux.



Le type d'exosquelette utilisé peut aussi influencer l'acquisition des compétences. Par exemple, une preuve scientifique faible indique qu'un appareil avec plus de soutien au tronc peut faciliter l'acquisition des compétences puisqu'il procure plus de stabilité. Bien que nous ayons résumé les recherches sur les facteurs influençant l'acquisition de compétences, le type d'exosquelette utilisé dans chaque étude n'a pas été considéré. Ainsi, nous ne sommes pas en mesure de distinguer les effets des facteurs susmentionnés (p. ex. mode de vie, âge, IMC) et du type d'exosquelette sur l'acquisition de compétences.

## Puis-je profiter des bienfaits de l'exercice en marchant dans un exosquelette ?

Bien que la marche dans un exosquelette soit principalement utilisée à des fins de réadaptation, l'effort requis pour utiliser l'appareil est suffisamment intense pour être considéré comme de l'exercice. Par exemple, une étude (preuve scientifique faible) a montré que marcher dans un exosquelette nécessite 3.34 fois plus d'effort que pousser un fauteuil roulant et 1.9 fois plus d'effort comparativement à la marche sans handicap, malgré une marche 7.4 fois plus lente. Sans surprise, les participants se perçoivent également comme travaillant plus fort. Les participants de trois études (preuve scientifique

faible) faisaient de l'exercice à une intensité modérée, ce qui est suffisant pour avoir des bénéfices cardiovasculaires, lorsqu'ils marchaient dans un exosquelette robotique. Bien que certains participants d'une étude (preuve scientifique faible) rapportaient travailler à faible intensité, les auteurs ont noté que selon leur fréquence cardiaque et leur consommation d'oxygène, ils travaillaient en fait à une intensité modérée. Cela suggère que certaines personnes font peut-être travailler leur corps plus fort que ce qu'elles ressentent !

Alors pourquoi marcher dans un exosquelette représente-t-il autant de travail ? Les recherches suggèrent qu'utiliser un exosquelette nécessite beaucoup de travail des bras et du torse pour maintenir une posture droite et pour transférer le poids pour amorcer les pas. Cependant, par rapport à d'autres orthèses de marche (p. ex. orthèses de marche robotisées, orthèses de hanche-genou-cheville-pied), à la SEF et à des corsets, la marche dans un exosquelette demande considérablement moins d'effort. Alors pourquoi utiliseriez-vous un exosquelette pour faire de l'exercice si l'utilisation d'autres orthèses de marche vous fait travailler plus fort ? La considération importante est l'endurance. Vous pourriez travailler plus d'ort en marchant avec des appareils orthopédiques rigides, mais vous pourriez vous fatiguer plus rapidement. Avec un exosquelette, on comprend que la marche assistée pourrait vous permettre de faire de l'exercice à intensité modérée pendant beaucoup plus longtemps.

## Quelles preuves scientifiques existe-t-il pour l'utilisation d'un exosquelette dans la communauté ?

Actuellement, seulement deux modèles d'exosquelette ont été approuvés pour une utilisation dans la communauté en Amérique du Nord. En tant que tel, il existe des preuves limitées de l'utilisation d'un exosquelette dans la communauté. Afin d'utiliser un exosquelette de manière indépendante, les personnes doivent être capables de mettre et d'enlever l'exosquelette sans l'aide d'un professionnel. Une preuve scientifique faible montre que les personnes atteintes de paraplégie sont capables de mettre et d'enlever ces appareils de manière indépendante, mais que celles atteintes de tétraplégie ne le soient pas. De plus, une preuve scientifique faible montre que le temps requis pour mettre et retirer un exosquelette peut être réduit avec de la pratique. En ce qui concerne la vitesse de marche dans les environnements intérieurs par rapport aux environnements extérieurs, une preuve scientifique faible a montré qu'il n'y avait pas de différence significative de vitesse.



Certaines études ont examiné les compétences à domicile et dans la communauté qui peuvent être complétées en utilisant un exosquelette. Une étude de faible preuve scientifique a montré que la majorité des participants pouvaient marcher de manière autonome sans entraîneur dans un exosquelette et effectuer des tâches telles qu'atteindre des armoires élevées, utiliser un four et utiliser un évier, mais n'étaient pas capables de marcher sur des tapis et des rampes. Cependant, les auteurs ont noté que certaines tâches étaient plus difficiles à compléter dans un exosquelette, notamment atteindre les armoires basses et ouvrir un réfrigérateur ainsi que sortir des items. D'autres études (preuve scientifique faible) ont montré qu'une petite proportion des personnes étaient capables d'effectuer des tâches communautaires plus avancées, telles qu'entrer et sortir des ascenseurs, actionner des portes automatiques, naviguer dans les portes tournantes et commander dans un café.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer à quelle vitesse les personnes peuvent acquérir ces compétences.

## En conclusion

Il existe actuellement de nombreux modèles d'exosquelettes qui continuent d'être développés et raffinés. Les exosquelettes sont principalement utilisés à des fins de réadaptation, bien que certains modèles soient disponibles pour une utilisation communautaire. L'utilisation d'un exosquelette s'est avérée relativement sécuritaire et facile à apprendre. De nombreux avantages ont été signalés, notamment la capacité de se déplacer, l'amélioration de la santé osseuse, de la santé cardiaque, de la spasticité, du fonctionnement intestinal, de la forme physique et des plaies de pression. Bien qu'il y ait beaucoup de résultats positifs pour les exosquelettes robotiques, il s'agit d'un domaine émergent et des recherches plus poussées sont nécessaires pour supporter ces affirmations bénéfiques. Une considération importante est de peser ces avantages par rapport aux coûts et également de comparer comment ces avantages se comparent à d'autres moyens d'obtenir des gains similaires.

Pour voir la liste des études mentionnées dans ce document, veuillez consulter la [liste des références](#). Pour revoir ce que nous signifions par une évidence (preuve scientifique) «forte», «modérée» et «faible», référez-vous au [SCIRE Community Evidence Ratings](#).

## Ressources associées

SCIRE Community. Spasticité. Disponible au : [community.scireproject.com/topic/spasticity/](https://community.scireproject.com/topic/spasticity/)

SCIRE Community. Directives scientifiques pour l'activité physique chez les adultes ayant une lésion de la moelle épinière. Disponible au : [community.scireproject.com/topic/exercise-guidelines/](https://community.scireproject.com/topic/exercise-guidelines/)

SCIRE Community. Stimulation électrique fonctionnelle (SEF). Disponible au : [community.scireproject.com/topic/functional-electrical-stimulation/](https://community.scireproject.com/topic/functional-electrical-stimulation/)

SCIRE Community. Hypotension orthostatique. Disponible au : [community.scireproject.com/topic/orthostatic-hypotension/](https://community.scireproject.com/topic/orthostatic-hypotension/)

## Liste de références

Des sections de ce document ont été adaptées du chapitre «Lower Limb» tiré du SCIRE Professional.

Lam T, Wolfe DL, Domingo A, Eng JJ, Sproule S (2014). Lower Limb Rehabilitation Following Spinal Cord Injury. In: Eng JJ, Teasell RW, Miller WC, Wolfe DL, Townson AF, Hsieh JTC, Connolly SJ, Noonan VK, Loh E, McIntyre A, editors. Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence. Version 5.0. Vancouver: p 1-74.

Disponible au : [scireproject.com/evidence/lower-limb-and-walking/](https://scireproject.com/evidence/lower-limb-and-walking/)

La liste complète des références est disponible au : [community.scireproject.com/topic/robotic-exoskeletons/](https://community.scireproject.com/topic/robotic-exoskeletons/)

Le glossaire des termes est disponible au : [community.scireproject.com/topics/glossary/](https://community.scireproject.com/topics/glossary/)

## Crédits des images

1. Marcher avec un clinicien ©The SCIRE Community Team
2. [Hardiman I](#) ©Bruce R. Fick et John B. Makinson, General Electric Co., domaine public
3. [Active Suit](#) ©Robotics Laboratory, Mihailo Pupin Institute
4. [Exosquelette Ekso](#) ©Ekso Bionics 2020

5. [Exosquelette ReWalk](#) ©ReWalk Robotics 2020
6. [Exosquelette REX](#) ©REX Bionics Ltd 2020
7. [Exosquelette Indego](#) ©Parker Hannifin Corp 2020
8. [Exosquelette ReWalk](#) ©ReWalk Robotics 2020
9. Spasticité ©SCIRE
10. [Côlon](#) ©Servier Medical Art, [CC BY 3.0](#)
11. [Fémur](#) ©Servier Medical Art, [CC BY 3.0](#)
12. Modification de : [Coeur battant](#) ©Lillit Kalachyan, [CC BY 3.0](#)
13. [Éclair](#) ©FLPLF, [CC BY 3.0](#)
14. Modification de : Spasticité ©SCIRE
15. [Entorse de la cheville](#) ©Servier Medical Art, [CC BY 3.0](#)
16. Icône d'exosquelette ©SCIRE
17. [Rues du centre-ville de New York](#) ©Free-photos, [Pixabay License](#)
18. Chandelles ©SCIRE
19. Modification de : [Pèse-personne](#) ©Sandra, [CC BY 3.0](#)
20. [Tennis en fauteuil roulant](#) ©Gan Khoon Lay, [CC BY 3.0](#)
21. [Utilisateur personnel](#) photo avec l'aimable autorisation de Parker Hannifin Corporation, USA



Avertissement : Ce document ne fournit pas de conseils médicaux. Ces informations sont diffusées dans un but éducationnel uniquement. Pour des informations supplémentaires ou des conseils médicaux spécifiques, consulter un professionnel de la santé qualifié. Le Projet SCIRE, ses partenaires et ses collaborateurs excluent toute responsabilité à toute personne pour toute perte ou dommage dû à des erreurs ou des omissions dans cette publication.