

# Neuro-Innovations en Kinésithérapie et Réadaptation



**Sébastien VANDERLINDEN**, PT & Neuro-(Re) Habilitation  
Tél. 0496 516 706 - E-mail : [sebastienvanderlinden@gmail.com](mailto:sebastienvanderlinden@gmail.com)

Cet article a pour objectif d'informer ses lecteurs sur le déploiement de nouveaux outils à considérer en kinésithérapie, et des nouvelles adaptations et aides techniques pour des patients bien sélectionnés. L'avant-propos pose le cadre et le contexte dans lequel ces nouvelles technologies viennent apporter des solutions complémentaires. La robotique, les neuro-orthèses et les exosquelettes sont alors décrits et illustrés de manière à visualiser sous quelles formes ils sont déjà utilisés et donc accessibles. Des nuances sur la terminologie à formuler peuvent aider le lecteur sur le jargon particulier de ce plus récent paradigme des soins de santé. En conclusion d'article, on perçoit une synthèse des informations partagées, des questions qu'elles peuvent soulever mais aussi la nécessité de porter son regard sur les aspects financiers qui en ressortent.

## 1. Introduction

Ce qui hier encore semblait être de la science-fiction fait aujourd'hui bel et bien partie du quotidien : la robotique, les neuro-orthèses (dispositifs SEF) et autres exosquelettes sont dorénavant des outils à considérer dans la vie de tous les jours en matière d'évaluation, revalidation, réadaptations et aides techniques. Même la prévention (pour des pathologies orthopédiques-traumatologiques, rhumatismales et sportives) est aussi à considérer (Photo 1).



Photo 1 <https://neuro-bionics.eu/fr/skelex-2/>

## 2. Avant-propos

Optimiser l'autonomie du patient par l'amélioration des gestes exercés avec lui, par la sélection judicieuse des aides techniques et adaptations adaptées ne sont qu'une partie des défis du kinésithérapeute. Ces actes cliniques restent à ce jour précieux pour les patients et ils font l'objet d'études qui devraient permettre leur description et quantification scientifiques cliniques en regard de leur enseignement théorico-pratique, tel que c'est le cas pour les actes de kinésithérapie<sup>1,2</sup>.

Des technologies innovantes amènent des compléments ou nouveaux moyens aux évaluations, soins, adaptations et aides techniques conventionnels - certaines avec l'espoir de maintenir une progression de l'offre de soin, de soulager la pénibilité du métier et de prolonger la durée des exercices thérapeutiques pour le patient et d'autres, pour augmenter le nombre de répétitions d'exercices. De plus en plus, elles semblent contribuer au retour plus précoce du patient à son domicile, à son poste de travail ou à la fréquentation de son établissement scolaire. Les propos tenus dans cet article ont pour objectif de les illustrer de manière non exhaustive.

Enfin, concernant la plupart des pathologies fixées touchant le système nerveux central (SNC), les données scientifiques actuelles poussent à mettre davantage l'accent sur les activités volontaires et à intensifier les tâches fonctionnelles proches ou similaires aux attentes et besoins du patient. Des camps intensifs (particulièrement en pédiatrie) s'organisent en ce sens sur notre territoire<sup>3</sup>. Il n'est pas impossible que certaines de ces neuro-technologies soulageront un jour le coût humain durant ces camps et qu'elles amèneront encore plus d'efficacité aux patients. Pour les patients les plus lourdement atteints et certainement pour les adultes neurologiques, la naissance de camps intensifs neuro-technologiques (en ambulatoire, en hospitalisation de jour ou en séjour hospitalier) aurait aujourd'hui déjà du sens. Ces technologies sont en tout cas déjà bien déployées en Flandres depuis quelques années, notamment en post-revalidation.

## 3. Neuro-orthèses (dispositifs SEF)

Définir le terme orthèse mène à considérer tout dispositif utilisé pour soutenir, aligner, prévenir ou corriger des déformations orthopédiques ou pour améliorer la fonctionnalité de segments corporels inter-articulés et augmenter tant l'autonomie que la sécurité du patient (photo 2).



Photo 2 (<https://turbomedorthotics.com/fr/photos>)

La caractéristique de «dynamique» des orthèses et aides techniques n'est pas nouvelle, mais les cliniciens y sont de plus en plus attentifs. Pour certains, ce critère fait référence à la conservation maximale d'énergie notamment dans

des contextes de déplacement et d'efforts antigravitaires. Pour la fonction manuelle et des doigts, les aspects dynamiques d'une bande et/ou d'une attelle peuvent répondre à d'autres attentes du patient (photo 3), notamment pour compléter sa neuro-orthèse (dispositif SEF).



Photos 3 (<https://neuro-bionics.eu/fr/omni-hi5-frans/>)

La notion de «neuro-orthèse (dispositif SEF)» est plus récente et toujours sujette à débat. Les neuro-orthèses qui incluent des stimulations électriques fonctionnelles transcutanées avec électrodes de surfaces sont indiquées et utilisées à des fins thérapeutiques ((ré)apprentissage moteur, renforcement musculaire, ...) et/ou compensatoires. Elles visent à faciliter certains paramètres d'un mouvement fonctionnel perturbé par une pathologie du SNC. Pour prolonger les courts effets d'éventuelles séances qui comprennent des électrostimulations, ces dispositifs permettent de maintenir au quotidien les stimulations des muscles déficitaires du membre supérieur ou du membre inférieur. Elles peuvent s'avérer à la fois moins contraignantes pour le patient qu'une orthèse traditionnelle et plus efficaces sur le plan neurophysiologique. Si les critères d'inclusion du pied tombant sont rencontrés, elles peuvent donc remplacer une attelle releveuse du pied (photo 4). Dans tous les cas, il est judicieux de réaliser un test clinique, par exemple avec son kiné, avant de confirmer l'indication.



Photo 4 (<https://acplus.com/walkaide-ll>)



Photo 5 (<http://www.walkaide.com>)

De nombreuses publications <sup>5,6,7,8,9,10,11,12</sup> confirment l'intérêt à porter à ces solutions pour le pied tombant. Dans certains cas, tant chez l'enfant paralysé cérébral (de minimum +/-4 ans) ou ayant des séquelles d'un AVC que chez l'adulte, malgré une légère hypertonie spastique des fléchisseurs plantaires, les effets peuvent être cliniquement et rapidement observés. L'intérêt d'être appareillé pour une période déterminée en post injections de toxines botuliniques est aussi à considérer pour des patients bien sélectionnés (photo 5).



Photo 6 (<https://neuro-bionics.eu>)

Dans le cadre des lésions fixées du SNC et de la fonction manuelle, les bénéfices de ces neuro-orthèses sont prometteurs bien que plus difficiles à obtenir pour une action sélective des doigts. (photo 6).

Ces dispositifs contribuent à la (ré)éducation-réadaptation de patients qui présentent habituellement un tableau neurologique mais pas uniquement. Notamment pour la gériatrie, c'est le cas par exemple du gant exosquelette de doigts comme le SEM Glove® de Bioservo (photo 7), qui fait actuellement l'objet d'études cliniques <sup>4</sup>. Ce gant intelligent, équipé de capteurs de force et d'une console électronique, permet de générer une subtile force de flexion électromécanique des doigts de la main. Il peut servir d'outil de révalidation mais aussi d'orthèse pour des patients ayant des déficits de force de flexion des doigts d'étiologies variées.



Photos 7 (<http://www.bioservo.se/>)

#### 4. Robots de revalidation & Exosquelettes

Dans la littérature - pour y décrire un même dispositif - ces termes sont parfois séparés, parfois combinés. Accordons-nous sur l'idée que certains dispositifs comportent effectivement les deux termes et donc les deux technologies. Notez que certains sont aussi compatibles en plus à de la Stimulation Electrique Fonctionnelle.

**A. Un robot de revalidation**, essentiellement disponible dans des centres de revalidation/des hôpitaux, peut être défini comme étant un appareil (para)médical. Il ne se déplace habituellement pas dans la salle (sauf exception) avec le patient durant la séance, comporte une ou des articulations électromécaniques qui peuvent elles-mêmes faciliter ou contraindre (grâce à une interface électronique programmée par le thérapeute responsable du programme choisi) le déplacement des segments concernés en tenant compte des possibilités du patient. Les segments articulés du robot sont fixés à ceux du patient, d'où le nom d'exosquelette. Notons que ceux qui concernent la marche sont soit équipés de plaquettes mobiles fixées sous les pieds pour simuler la marche (ex : Gait Trainer GT I<sup>®</sup> de Reha-stim, Haptic Walker<sup>®</sup> de Ipk Fraunhofer), soit équipés d'un tapis roulant (ex : LokoHelp<sup>®</sup> de Woodway, Lokomat<sup>®</sup> de Hocoma<sup>23</sup>) ; ils n'engagent habituellement donc pas de déplacement réel dans l'espace et ne demandent pas au patient de gérer son équilibre.

Concernant les bénéfices à considérer d'un robot interactif, intuitif et ludique pour le membre supérieur, le REAplan<sup>®</sup> est à explorer<sup>24</sup>. Ses algorithmes permettent d'assister le patient en fonction de ses propres déficiences et performances motrices.

La Belgique est bien active dans ce domaine, notamment par ses universités et laboratoires (ex: Laboratory of Neurophysiology and Movement Biomechanics ULB, Mobilab, BruBotics-VUB, UHasselt, ...).

#### B. Exosquelettes de revalidation & orthèses-exosquelettes

**a. Un exosquelette** peut être considéré comme tel à partir du moment où il comporte une ou plusieurs articulations (électro)mécaniques qui peuvent mobiliser des segments équipés d'orthèses standards, ajustables ou sur mesure, ou des sangles pouvant elles-mêmes se greffer aux segments de patients. A priori, il ne devrait pas limiter les déplacements dans l'espace.

**b. Un exosquelette de revalidation** est par définition un dispositif qui ne peut être utilisé qu'au sein de séances de revalidation et donc sous la supervision d'un kinésithérapeute certifié apte à le faire (photo 8). C'est notamment le cas du très innovant EksoGT<sup>®</sup> (Ekso Bionics). Cette solution exige une régulation de l'équilibre par le patient (qui rencontre les critères d'inclusions strictes) et lui permet ainsi qu'aux kinésithérapeutes d'envisager une verticalisation et une reprise précoce, intensive, active et sans décharge par suspension, de la verticalisation et de la marche assistée. Ses bénéfices pour des patients chroniques sont à lire et des effets physiologiques potentiels non locomoteurs commencent à être quantifiés<sup>25, 26, 27</sup>.



Photos 8 (<http://eksobionics.com/>)

**c. Une orthèse-exosquelette** est une orthèse de compensation prescrite au patient. Elle peut normalement être utilisée tant au domicile qu'au travail ou en centre de rééducation (photo 9). Elle permet au patient de gagner en autonomie et en sécurité et réduit ses dépenses énergétiques pour certaines activités fonctionnelles. Dans certains cas, elle transfère le patient de l'assis au debout et inversement. Des études sont en cours pour les patients traumatisés crâniens et les patients souffrant de sclérose en plaque ou d'une maladie neuromusculaire.



Photo 9 (<https://neuro-bionics.eu/fr/freewalk-fr/>)

#### Conclusions

Observe-t-on une poursuite de l'évolution du métier de thérapeute, des rééducations et de la réadaptation ? Est-il légitime de craindre une forme de « déshumanisation » de ce métier relationnel ?

Ces nouveaux outils peuvent certes bouleverser certaines habitudes et convictions, mais prendre connaissance de ce qu'ils amènent de nouveau et de progressiste vient à ce

jour élargir les missions spécifiques (évaluation quantifiée et soins aux patients) des thérapeutes bien (in)formés. Le nombre de patients demandeurs est vraisemblablement en constante croissance. Pour certains produits et concepts, il reste nécessaire de poursuivre des études afin de valider scientifiquement leur efficacité. En termes d'adaptations et aides techniques, leur efficacité est indéniable et parfois coûteuse. Mais des tests gratuits permettent de mesurer les bénéfices et contraintes.

Sur base des données qui peuvent être extraites de ces technologies «assistantes de patients», il sera peut-être bientôt possible d'enseigner (sur base de fondements scientifiques parce que quantifiés) les gestes techniques aux kinésithérapeutes et ergothérapeutes de demain, et/ou à ceux qui souhaitent se perfectionner. L'idée est en tout cas loin d'être absurde. L'amélioration des performances motrices du thérapeute, de la personne handicapée et du sportif (dont les professionnels) est en effet bel et bien l'objectif qui leur est commun<sup>30</sup>.

La question des investissements financiers publics, privés et de patients est aujourd'hui plus que jamais d'actualité.

## Remerciements

Ils sont adressés aux Professeurs Jean-François Kaux (CHU Liège) et Olivier Brûls (University of Liège Department of Aerospace and Mechanical Engineering Multibody & Mechatronic Systems Laboratory) ainsi qu'aux partenaires des Professeurs Thierry Lejeune et Gaetan Stoquart (Cliniques Universitaires St Luc UCL) pour les sources partagées.

Le Professeur Guy Cheron (Unité de recherche de neurophysiologie et de biomécanique du mouvement – ULB / FSM ULB) et Bernard Dan (INKENDAEL ZIEKENHUIS - HUDERF) pour les soutiens témoignés à divers égards.

Monsieur Kris Goos (Manager Postrehabilitation To Walk Again v.z.w. – Clinical Training Specialist Ekso Bionics®), le Dr Christopher Newman (CHUV Lausanne), et Anne-Marie Clarinval (HumanWaves) pour les nombreux échanges déjà établis et les convictions partagées.

## Références

1. <http://www.hospichild.be/soins-aux-enfants-paralyses-cerebraux-dissensions-accrues-entre-kines/>
2. Reinkensmeyer David J., Van der Loos Machiel H.F. Rehabilitation and Health Care Robotics. Springer Handbook of Robotics. Part 53: 1223-1251. Siciliano, Khatib (Eds.)
3. <http://www.kinopedia.be/fr/annonces/camp-cirque-therapie-intensive-imc>
4. <http://www.bioservo.com/research/clinical-studies/> consulté le 17/07/17
5. Prosser L.A., Curatalo L.A., Alter K. E., Damiano D.L. Acceptability and potential effectiveness of a foot drop stimulator in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2012 Nov; 54(11): 1044–1049
6. Damiano D.L., Prosser L. A., Curatalo L. A., Alter K. E. Muscle Plasticity and Ankle Control After Repetitive Use of a Functional Electrical Stimulation Device for Foot Drop in Cerebral Palsy. *Neurorehabil Neural Repair.* 2013 Mar-Apr;27(3):200-7
7. Everaert D G, Thompson A. K., Chong S. L., Stein R. B. Does Functional Electrical Stimulation for Foot Drop Strengthen Corticospinal Connections? *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24; 168 originally published online Oct 27, 2009
8. Pool D, Blackmore A M, Bear N, Valentine J. Effects of short-term daily community WalkAide use on children with unilateral spastic cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther* 2014;26:308–317
9. Morone G, Fusco A, Di Capua P, Coiro P, Pratesi L. Walking Training with Foot Drop Stimulator Controlled by a Tilt Sensor to Improve Walking Outcomes: A Randomized Controlled Pilot Study in Patients with Stroke in Subacute Phase. *Stroke Res Treat.* 2012; 2012: 523564. Published online 2012 Dec 22. doi: 10.1155/2012/523564
10. Stein R B, Everaert D G, Thompson A K, Chong S L, Whittaker M, Robertson J, Kuether G. Long-Term Therapeutic and Orthotic Effects of a Foot Drop Stimulator on Walking Performance in Progressive and Nonprogressive

Neurological Disorders. *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24; 152 originally published online Oct 21, 2009

11. Downing A, Van Ryn D, Fecko A, Aiken C, McGowan S, Sawers S, McInerney T, Moore K, Passariello L, Rogers H. Effect of a 2-Week Trial of Functional Electrical Stimulation on Gait Function and Quality of Life in People with Multiple Sclerosis. *Int J MS Care.* 2014 Fall; 16(3): 146–152
12. Fanny Quandt, Friedhelm C Hummel. The influence of functional electrical stimulation on hand motor recovery in stroke patients: a review. *Exp Transl Stroke Med.* 2014; 6: 9. Published online 2014 Aug 21. doi: 10.1186/2040-7378-6-9
13. Samer M, Moreno J C, Kong K, Amirat Y. *Intelligent Assistive Robots.* Star – Springer. 2015
14. Wang S, Wang L, Meijneke C, van Asseldonk E, Hoellinger T, Cheron G, Ivanenko Y, La Scaleia V, Sylos-Labini F, Molinari M, Tamburella F, Pisotta I, Thorsteinsson F, Ilzkovitz M, Gancet J, Nevatia Y, Hauffe R, Zanow F, van der Kooij H. Design and control of the MINDWALKER exoskeleton. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2015 Mar;23(2):277-86. doi: 10.1109/TNSRE.2014.2365697.
15. La Scaleia V, Sylos-Labini F, Hoellinger T, Wang L, Cheron G, Lacquaniti F, Ivanenko YP. Control of Leg Movements Driven by EMG Activity of Shoulder Muscles. *Front Hum Neurosci.* 2014 Oct 20;8:838. doi: 10.3389/fnhum.2014.00838.
16. Bengoetxea A, Leurs F, Hoellinger T, Cebolla AM, Dan B, McIntyre J, Cheron G. Physiological modules for generating discrete and rhythmic movements: action identification by a dynamic recurrent neural network. *Front Comput Neurosci.* 2014 Sep 17;8:100. doi: 10.3389/fncom.2014.00100.
17. Sylos-Labini F, La Scaleia V, d'Avella A, Pisotta I, Tamburella F, Scivoletto G, Molinari M, Wang S, Wang L, van Asseldonk E, van der Kooij H, Hoellinger T, Cheron G, Thorsteinsson F, Ilzkovitz M, Gancet J, Hauffe R, Zanow F, Lacquaniti F, Ivanenko YP. EMG patterns during assisted walking in the exoskeleton. *Front Hum Neurosci.* 2014 Jun 16;8:423. doi: 10.3389/fnhum.2014.00423.
18. Hoellinger T, Petieau M, Duvinage M, Castermans T, Seetharaman K, Cebolla AM, Bengoetxea A, Ivanenko Y, Dan B, Cheron G. Biological oscillations for learning walking coordination: dynamic recurrent neural network functionally models physiological central pattern generator. *Front Comput Neurosci.* 2013 May 29;7:70. doi: 10.3389/fncom.2013.00070
19. Duvinage M, Castermans T, Petieau M, Seetharaman K, Hoellinger T, Cheron G, Dutoit T. A subjective assessment of a P300 BCI system for lower-limb rehabilitation purposes. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2012;2012:3845-9. doi: 10.1109/EMBC.2012.6346806.
20. Cheron G, Duvinage M, De Saedeleer C, Castermans T, Bengoetxea A, Petieau M, Seetharaman K, Hoellinger T, Dan B, Dutoit T, Sylos Labini F, Lacquaniti F, Ivanenko Y. From spinal central pattern generators to cortical network: integrated BCI for walking rehabilitation. *Neural Plast.* 2012;2012:375148. doi: 10.1155/2012/375148.
21. Leurs F, Bengoetxea A, Cebolla AM, De Saedeleer C, Dan B, Cheron G. Planar covariation of elevation angles in prosthetic gait. *Gait Posture.* 2012 Apr;35(4):647-52. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.12.017.
22. Mehrholz J, Thomas S, Werner C, Kugler J, Pohl M, Elsner B. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017, Issue 5. Art. No.: CD006185
23. Aurich-Schuler T, Grob F, van Hedel HJA, Labruyère R. Can Lokomat therapy with children and adolescents be improved? An adaptive clinical pilot trial comparing Guidance force, Path control, and Freed. *J Neuroeng Rehabil.* 2017 Jul 14;14(1):76
24. Gilliauw M, Dierckx F, Vanden Berghe L, Lejeune T, Sapin J. Age Effects on Upper Limb Kinematics Assessed by the REAplan Robot in Healthy School Aged Children. *Annals of Biomedical Engineering.* Vol. 43, no.5, p. 1123-1131 (05/05/2015)
25. Gad P1, Gerasimenko Y1,2, Zdurowski S1, Turner A1, Sayenko D1, Lu DC3,4, Edgerton VR1,3,4,5,6. Weight Bearing Over-ground Stepping in an Exoskeleton with Non-invasive Spinal Cord Neuromodulation after Motor Complete Paraplegia. *Front Neurosci.* 2017 Jun 8;11:333
26. Antony D. KARELIS, PhD1,2, Livia Pinheiro CARVALHO, PhD(C)1,5, Manuel Jose Escalona CASTILLO, MSc3,4, Dany H. GAGNON, PhD3,4 and Mylène AUBERTIN-LEHEUDRE, PhD1,2. EFFECT ON BODY COMPOSITION AND BONE MINERAL DENSITY OF WALKING WITH A ROBOTIC EXOSKELETON IN ADULTS WITH CHRONIC SPINAL CORD INJURY. *J Rehabil Med* 2017; 49: 84–87
27. Jan Mehrholz, Simone Thomas, Cordula Werner, Joachim Kugler, Marcus Pohl, Bernhard Elsner. Electromechanical-Assisted Training for Walking After Stroke A Major Update of the Evidence. *Cochrane Corner.* Section Editor: Peter Sandercock, MA, DM, FRCPE. *Stroke.* published online June 16, 2017. <http://stroke.ahajournals.org/content/early/2017/06/16/STROKEAHA.117.018018.citation>
28. <http://humanwaves.be/> consulté le 23/08/17