

Carte blanche : le manipulateur robotisé REAplan[®], un compagnon de premier choix pour la rééducation neuromotrice

Dr ir Julien Sapin, co-fondateur et directeur technique de la start-up medtech belge Axinesis, spécialisée en robotique de neuro-réadaptation

Définitions générales

Le manipulateur est une structure qui se place en vis-à-vis d'une personne, sans aucune intrusion sur cette dernière si ce n'est un point de contact à l'extrémité distale du membre à prendre en charge.

A côté de cette première solution, il en existe une autre : l'exosquelette. Il s'agit d'une structure qui se place et s'harnache directement sur la personne, en parallèle à la chaîne ostéologique.

Lorsqu'elles sont motorisées, ces solutions permettent notamment d'entraîner un mouvement ou d'amplifier une force. Si de plus elles sont instrumentées, on peut alors parler de dispositif interactif, de robot capable d'interagir avec un utilisateur.

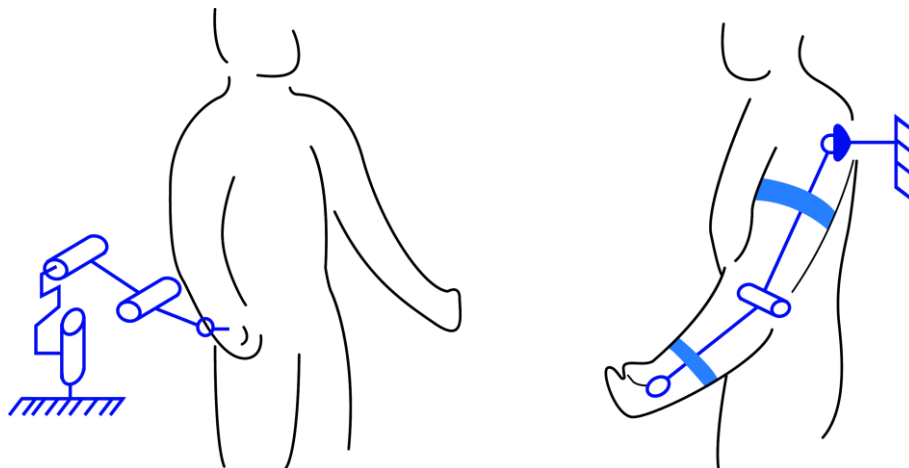


Figure 1: Typologie d'un manipulateur (à gauche) et d'un exosquelette (à droite)

Applications médicales

Les principales applications médicales dans lesquelles des robots de type manipulateur et exosquelette sont utilisés se situent aujourd'hui dans le domaine de l'assistance aux personnes souffrant de handicaps moteurs : (1) pour la rééducation neuromotrice, et (2) pour la suppléance dans le cas de handicaps permanents.

Constat actuel

Force est de constater que l'exosquelette est de plus en plus présent aux yeux de tous. Son côté technologique, futuriste ainsi que sa présence dans les blockbusters hollywoodiens, intriguent et passionnent les foules. Ce coup de projecteur n'en fait pas pour autant une solution universelle, adaptée à tous types de situation. Nous allons voir pourquoi dans la suite de cet exposé.

Au global, il s'agit de comprendre pourquoi un manipulateur, à l'instar du REAplan®, offre de meilleurs atouts pour le patient, comme pour le thérapeute, dans le cadre de la **rééducation neuromotrice**.

Pour rappel ou information, REAplan® est un dispositif médical *actif* car il est muni de moteurs électriques permettant d'entraîner le mouvement et *interactif* car (1) il est instrumenté de capteurs mesurant les forces d'interaction avec le patient ainsi que ses mouvements et (2) est équipé d'interfaces permettant des retours audiovisuels et haptiques.



Figure 2 : Le manipulateur REAplan®

Quels sont les intérêts d'un manipulateur, de type REAplan® ?

Sur la base de tests cliniques tout autant que de retours utilisateurs (hôpitaux publics, cliniques privées, centres de rééducations, etc.) nous avons pu résumer les avantages que procure un manipulateur comme le REAplan® par rapport à un exosquelette, selon les différentes problématiques rencontrées en rééducation neuromotrice.

Intégrer les contraintes de la routine clinique

1. Un temps d'installation court
Avec un manipulateur, la fixation du bras du patient est facultative et lorsqu'elle est conseillée, le lien ne se fait qu'avec l'extrémité distale du bras, soit la main ou l'avant-bras. Avec un exosquelette, le harnachement de tous les segments du bras est obligatoire quels que soient les besoins du patient.
2. Aucune étape d'adaptation morphologique
Avec un manipulateur, aucun besoin de calibration à la morphologie du patient. Avec un exosquelette, la calibration à la longueur des segments du patient et l'alignement sur les articulations du patient est obligatoire quels que soient les besoins du patient.
3. Ambidextrie
Le manipulateur est intrinsèquement ambidextre tandis qu'un exosquelette doit être reconfiguré afin de passer d'une topologie gauche à une topologie droite et inversement.

Interagir respectueusement avec le patient, tout en le rassurant

4. Schéma de coordination propre au patient
Un manipulateur n'impose pas de schéma de coordination au patient, son approche est intrinsèquement fonctionnelle.

Un exosquelette impose un schéma de coordination aux segments du patient et ce schéma n'est jamais le strict reflet de la coordination naturelle du patient, ni de la coordination qu'il pourrait recouvrer.

5. Sensation de sécurité

Un manipulateur étant un dispositif se plaçant en face du patient et étant visuellement "plus sobre", moins complexe, il paraît plus sécurisant.

Un exosquelette étant un dispositif se plaçant sur le bras du patient et étant visuellement impactant en termes de complexité, il paraît moins sécurisant.

Une constitution plus adaptée à la mobilisation des patients

6. Grande rigidité/jeu mécanique faible

Un manipulateur étant constitué d'un assemblage mécanique simple : le guidage et la transmission ne présentent que peu de jeu. Cette particularité confère une grande rigidité à l'extrémité distale.

Un exosquelette étant constitué d'une série d'assemblages mécaniques complexes : le guidage et la transmission de l'ensemble présentent plus de jeu et donc la rigidité présente au niveau de l'extrémité distale est moindre. Cela contribue à un sentiment d'insécurité par rapport au dispositif.

7. Intensité des mouvements plus importante

Un manipulateur permet une plus grande dynamique (vitesse et force) de par sa typologie simple en comparaison à un exosquelette.

8. Pas d'efforts ou de déplacement parasites durant le mouvement

Un manipulateur permet la mobilisation de l'entièreté du bras sans pour autant contraindre les axes de rotation de chacune de ses articulations. Ce type de mobilisation n'induit donc pas d'effort et/ou de déplacement parasites au niveau des articulations du patient.

Un exosquelette est constitué d'une succession d'articulations alignées avec les articulations biomécaniques du bras. Durant le mouvement, les axes de rotation instantanés de ces articulations bougent et se désaxent par rapport aux axes mécaniques de l'exosquelette, même si ce dernier est équipé de moyens mécaniques de réaligement. Cela conduit à l'apparition d'efforts et de déplacement parasites au niveau des articulations du patient.

Une solution économiquement accessible et viable pour un service de rééducation

9. Coût et complexité moindre

Un manipulateur présente une topologie simple étant donné sa définition de mobilisateur par l'intermédiaire de l'extrémité distale uniquement. Cette spécificité permet des coûts moindres à l'achat et à l'utilisation.

Un exosquelette présente une topologie complexe afin de remplir son rôle de soutien du bras à la manière d'un squelette externe. Cette spécificité n'est permise que grâce à un assemblage électromécanique complexe et donc forcément coûteux.

Pour aller plus loin dans le souci de répondre aux exigences d'une rééducation de routine adaptée au plus grand nombre, nous pouvons en outre lister les « plus » spécifiques au REAplan®, qui permettent une très bonne adéquation du système au quotidien d'un service de rééducation :

10. Grand espace de travail fonctionnel

Un manipulateur comme le REAplan® permet l'extension complète du bras car il ne souffre d'aucune limitation dans son espace de travail. Il est également bon de rappeler que ce

dispositif véhicule l'extrémité distale dans un plan horizontal afin de mobiliser le bras dans les 3 dimensions.

Un exosquelette, même s'il revendique une mobilisation dans les 3 dimensions, voit son espace de mobilisation se restreindre autour d'un point de fonctionnement, résultant de la phase de calibration avec le bras du patient.

11. Ecran patient immersif et échelle 1:1

Le REAplan® permet une visualisation isométrique du mouvement sur grand écran. Aucun autre dispositif ne le permet à ce jour.

12. Interchangeabilité de la pièce à main

Le REAplan® permet, en fonction des caractéristiques du patient et de sa pathologie, de changer de pièce à main voire de pouvoir travailler sans pièce à main.

13. Ecran dédié au thérapeute

Le REAplan® offre une interface de visualisation propre au thérapeute. Ce qui permet à ce dernier de pouvoir paramétrer et contrôler la séance en ne partageant avec le patient que les informations jugées utiles à son évolution positive.

14. Elévation du plan de travail et travail debout

Le REAplan® permet une élévation du plan de travail de manière à s'adapter à la morphologie des patients ainsi que leur pathologie. Cette fonctionnalité permet au patient, adulte ou enfant, de travailler en station assise ou en étant debout.

15. Modularité logicielle

Le logiciel embarqué sur le REAplan®, REAlab, permet une adaptation modulaire de la panoplie logicielle afin de pouvoir compléter l'arsenal thérapeutique en fonction des desiderata propres aux thérapeutes et des besoins des patients.

16. Vulgarisation dans l'interprétation des résultats

Le logiciel embarqué sur le REAplan®, REAlab, permet une interprétation claire et directe de l'évolution du patient dans le temps ainsi qu'une visualisation intuitive des données en temps réel.

Adéquation technologique

Au vu de ces différentes constatations et en fonction de mon expertise en tant que concepteur de robots dans le domaine de l'assistance aux personnes souffrant de handicaps moteurs, il s'avère que l'exosquelette robotisé est une solution davantage adaptée à la suppléance en cas de handicaps permanents qu'à la neuro réadaptation de personnes cérébrolésées. Le manipulateur robotisé est et reste l'outil idéal pour la rééducation neuromotrice en routine clinique.