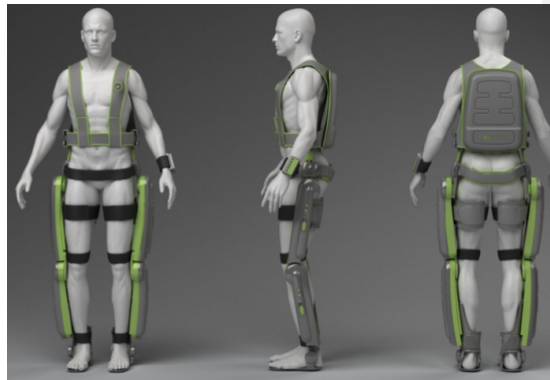


Travail personnel d'Alexandre Outlet Classe : 6G3

L'Exosquelette

Contenu :

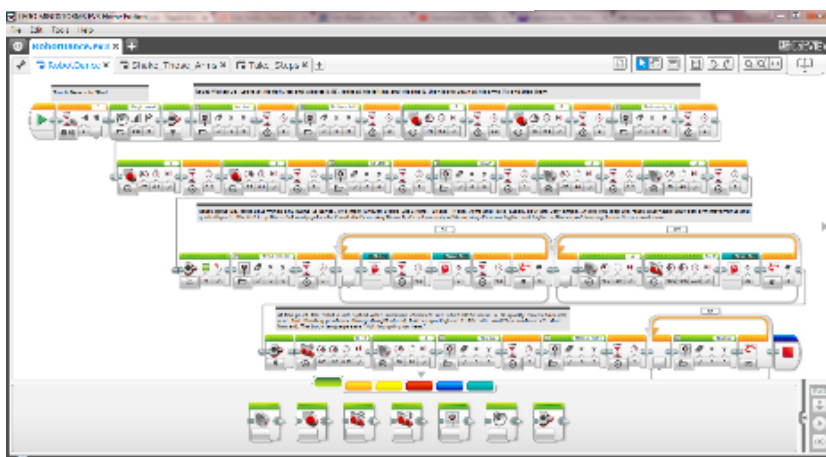
1. Introduction.
2. C'est quoi un exosquelette ?
3. Que peut-il faire ? Dans quel domaine est-il utilisé ?
4. Quelle est sa composition ?
5. Comment est-il alimenté ?
6. Quelles sortes existent-ils ?
7. Conclusion
8. Sources
9. Remerciements



1. Introduction :

Dans ce travail personnel, je vais parler des exosquelettes, style "iron-man" et de la conception intérieure de l'exosquelette. Depuis la 7^{ème} année d'étude, je suis en entreprise robotique dans laquelle, je construis des robots Lego.

(photo d'un robot en lego mindstorms)



(Cette image représente un écran du programme Mindstorms pour programmer les fonctions qui seront envoyées au contrôleur du robot en lego Mindstorms)

Je dois les programmer pour qu'ils réalisent des missions. (P.ex. : écrire qqch ou déplacer des objets).

L'exosquelette obéit à des ordres.

La première fois que j'ai entendu parler des exosquelettes, c'était à la télévision et ça m'a intrigué.

Je me suis posé beaucoup de questions sur le fonctionnement des moteurs. En même temps, j'ai beaucoup appris.

Après une discussion avec mon tuteur, Mr Schleicher m'a montré un article à ce sujet. J'en ai conclu que l'exosquelette serait un bon thème pour développer et partager mes connaissances.

Ce qui hier encore semblait être de la science-fiction fait aujourd'hui bel et bien partie de la réalité : la robotique, les neuro-orthèses et autres exosquelettes sont dorénavant des outils à considérer dans la vie de tous les jours en matière de revalidation, réadaptations et aides techniques.

2. C'est quoi un exosquelette:

Un **Exosquelette** ou **squelette externe**, par opposition à l'endosquelette (squelette interne), est une caractéristique anatomique externe qui **supporte et protège un animal en sciences et nature**, comme par exemple la carapace d'une tortue, la cigale émergeant de son vieil exosquelette, des insectes, des crustacés et des mollusques ...



carapace d'une tortue



une cigale émergeant de son vieil exosquelette

On parle également d'exosquelette en architecture ; ce courant s'appelle « la blob architecture » où la peau du bâtiment devient porteuse contrairement au système à poteaux porteurs et murs-rideaux où l'on a affaire à un endosquelette. (5)

La **blob architecture** ou **blobitecture** ou encore **architecture de blobs**, de « *blob* » en anglais signifiant « tache » ou « goutte », est un terme donné à un courant architectural dans lequel les bâtiments ont une forme organique molle et bombée.

Le terme « *blob architecture* » a été créé par l'architecte Greg Lynn en 1995 dans ses expérimentations avec le logiciel de dessins metaball, profitant de l'apport nouveau des technologies de la numérisation.

Le développement des logiciels depuis 1970, d'abord dans l'assistance à la réalisation fonctionnelle et les aspects techniques de la construction, puis le développement de la représentation en « 3D » des volumes articulés et la conception architecturale, a autorisé

Kommentiert [SH1]: Deux fonctions différentes

Kommentiert [OL2R1]: oui c'est correct

Kommentiert [SH3]: Que signifie la désignation (d'où devient-elle) « blob architecture » ? Selon quoi est-elle défini ?

Est-elle à considérer comme modèle initiale pour les exosquelettes ?

C'est une très bonne tentative de construire de parallèles entre des applications différentes avec une origine commune, mais pour clarifier la dernière des précisions supplémentaires s'imposent .

une conception qui s'affranchit quasiment des problèmes de réalisation des structures n'ayant pas une forme développable cubique ou cylindrique, forme qui simplifiait les problèmes mécaniques de la verticalité et de l'horizontalité de la mise en étages des édifices. C'est alors qu'un nombre d'architectes et de créateurs de meubles commença à faire des recherches avec ce genre de logiciels pouvant manipuler des formes adoucies, puis totalement libres, débouchant sur la création de formes inédites. La popularisation de l'ordinateur, outil nécessaire, favorisa l'essor de la blob architecture au milieu des années 1990 puisqu'il permit facilement de s'affranchir du plan et de la planche à dessin. Malgré son caractère de mouvement architectural organique, la blob architecture est impensable sans cet outil avec lequel les architectes obtiennent ces formes en *bidouillant* des algorithmes.



Un exemple d'exosquelette en architecture est l'association du « nid-d'oiseau » et du « cube » au stade national de Pékin.

Un autre exemple est la tour en forme de fusée dans le quartier financier à Londres

Le bâtiment en forme de *blob* du bureau d'architecture "Future Systems" pour les magasins Selfridges construit en 2003 à Londres. Il est censé évoquer la célèbre robe *cotte de maille* de Paco Rabanne.





Dans mon cas, je vais parler du squelette externe ou encore de l'exosquelette, qui supporte le poids et la grandeur d'un humain.

Un Exosquelette, c'est comme un deuxième squelette qu'on peut mettre par-dessus ses habits sur son propre corps. C'est un robot qui vient se connecter de façon pratique à des parties de ton corps pour t'aider à réaliser des mouvements difficiles.

Comme par exemple l'exosquelette utilisé par les manutentionnaires du groupe Colruyt ⁽¹⁴⁾

Kommentiert [SH4]: De quelle façon ?

Kommentiert [OL5R4]: j'ai ajouté 2 exemples

Kommentiert [SH6]: ...comme par exemple ... ?

Kommentiert [OL7R6]: v



Sur les sites logistiques, les préparateurs de commandes testent l'exosquelette, un harnais léger qui soutient le dos et les muscles pendant un travail physique.

Soulever une machine de plusieurs kilos comme si elle ne pesait presque rien : c'est la "magie" de l'exosquelette utilisé par des ouvriers du Groupe Nonet qui commencent à l'utiliser sur les chantiers. À Wavre en Belgique, par exemple, les collaborateurs se sont équipés de l'exosquelette lors d'une démolition

pour utiliser un marteau-piqueur et enlever du carrelage collé au mur. *"Ça a été une sacrée aide, il n'y a plus le poids de la machine à soutenir, on se concentre sur le travail et on force moins. Du coup, on avance plus vite"*, confie Aurélien. (15)

Il est utilisé également par les personnes handicapées ou qui ont subi un accident grave, qui ont besoin de rééducation ou qui ont perdu une jambe ou un bras. Dans ce dernier cas, on peut les remplacer avec un **exosquelette**.



Le cas le plus impressionnant brésilien Joao Carlos Martins qui a pu bénéficier de gants bioniques. Ce grand interprète de Bach avait été contraint d'arrêter de jouer suite à une

paralysie des mains. Grâce à une nouvelle technologie et beaucoup d'abnégation, il va pouvoir reprendre le chemin des salles de concert. (16)

Un sacré coup de pouce. Pendant près de 40 ans, le grand pianiste brésilien João Carlos Martins, 79 ans, considéré comme l'un des plus grands interprètes de Jean-Sébastien Bach a enchaîné les malheurs. Des récents soucis de santé, qui ont ravivé une blessure vieille de 24 ans causée par une agression à la barre de fer, lui ont interdit d'exercer son art.

Catastrophé par la détresse du virtuose, l'un de ses admirateurs lui a confectionné une paire de gants bioniques. Et aujourd'hui le maestro devrait pouvoir de nouveau récupérer toute la sensibilité de ses mains et faire vivre à nouveau les géniales fugues du compositeur allemand.

Avec cette nouvelle technologie Ubiratã Bizarro Costa a réussi là où vingt-quatre opérations chirurgicales avaient échoué. L'usage de ces gants bioniques ne va pourtant pas éviter au pianiste de devoir se soumettre à un nouvel apprentissage. Repartir de zéro tel un novice n'effraie pas Joao Martins: «Je ne retrouverais peut-être pas ma

Kommentiert [SH8]: ...en ce cas on parle d'une prothèse ... Qu'est-ce que la différence ?

Kommentiert [OL9R8]: c'est un exosquelette partiel, cela supporte la faiblesse du squelette.

vitesse. Je ne sais pas quels résultats j'obtiendrais. Je recommence comme lorsque j'étais un élève de 8 ans .» Le mécanisme est simple, après chaque note jouée, les doigts du pianiste sont poussés vers le haut. Les gants, composés de caoutchouc synthétique et fibre de carbone, ont pu être réalisés avec seulement une petite centaine d'euros.

Grâce à ses gants magiques, Joao Martins devrait recommencer incessamment ses séries de concerts. Sao Paulo attend déjà son héros. Et le Carnegie Hall de New York, où il s'est produit il y a soixante ans, attend désormais le retour de ce pianiste qui valait trois milliard.

L'exosquelette a un rôle de support physique (notamment pour la marche sur la terre ferme), de protection mécanique contre les prédateurs, de point d'attache pour les muscles.

Les exosquelettes d'assistance physique sont des structures mécaniques qui doublent celle du squelette humain dans le but de l'assister dans la réalisation d'une tâche ou d'une activité. Des applications sont possibles et ont été testées dans l'armée, pour des applications médicales et dans l'industrie. Il peut s'agir de soldats suréquipés, d'handicapés pour lesquels la marche redeviendrait possible ou des salariés soumis à des tâches fortement mobilisatrice comme un travailleur tirant du bitume sur un chantier pour un effort moindre que leurs collègues non équipés.



On peut aussi considérer les genouillères articulées comme des exosquelettes partiels. Ces orthèses suppléent en effet les faiblesses du squelette par des barres métalliques articulées.

Kommentiert [SH10]: Mais les prothèses sont-ils vraiment considérés comme exosquelettes ? Explique s.t.p.

Ton idée ou as-tu trouvé quelques traces dans la littérature scientifique ?

Voir commentaire précédent.

Kommentiert [OL11R10]: sur wikipedia
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Exosquelette?sa=X&ved=0ahUKewi4pa6J25HPAhVHfhoKHayBDOYQ9QEIEDAA>

3. Que peut-il faire ? Dans quel domaine est-il utilisé ?

Que peut-il faire ?

L'exosquelette peut t'aider à remarcher après un accident ou une agression. Et même remplacer un membre.

Par exemple : Si tu perds une partie de ta jambe ou de ton bras, l'exosquelette peut te le remplacer. On va venir greffer cet exosquelette à l'autre partie de ton corps qui fonctionne encore. Pour pouvoir remarcher ou pouvoir bouger tes bras. Actuellement, on a pu tester cet exosquelette sur une personne qui ne marchait plus à cause d'un handicap depuis 5 ans. Grâce à l'exosquelette, il peut remarcher.

Ce domaine de la robotique est actuellement en phase d'expérimentation.

Dans quel domaine est-il utilisé ?

Les exosquelettes dans le domaine militaire :

L'armée de terre américaine a dévoilé le projet Armure_TALOS, un exosquelette de combat ultraperfectionné.



Kommentiert [SH12]: Trois questions et leurs ordres imposent donc trois réponses selon cet ordre.

Kommentiert [SK13R12]: Oui, je suis tout à fait d'accord. Tu poses 3 questions, donc il faut également 3 réponses.

Kommentiert [OL14R12]: ok merci pour la remarque

Kommentiert [SH15]: Il même ?

Kommentiert [OL16R15]: ???

En 2016, l'armée de terre américaine et le corps des fusiliers-marins ont développé avec l'entreprise Bionic Power le premier exosquelette qui récupère l'énergie grâce aux mouvements des jambes. Ainsi le PowerWalk s'auto-alimente et le soldat devient sa propre batterie en marchant. Le but est de réduire le poids d'emport du soldat et d'accroître sa résistance face aux éléments. Selon l'armée de terre, le projet serait en phase de test dès le début de l'année 2017



PowerWalk®
Kinetic Energy Harvester

BionicPower™

Kommentiert [SH17]: Comment ? Merci de préciser.

Kommentiert [OL18R17]: en se déplaçant

Les exosquelettes dans le contexte médical :

En France, le centre Clinatéc installé sur le polygone scientifique de Grenoble teste depuis 2017 des exosquelettes se mouvant par la seule pensée d'un patient tétraplégique. Ce dernier doit au préalable se faire implanter deux implants cérébraux dotés chacun de 64 électrodes. Une réussite totale a été observée sur le second patient implanté. Cependant, la prochaine grande étape du projet sera la recherche de l'équilibre de l'exosquelette.



A l'hôpital Vivalia de Libramont, le Docteur Katharina Dulieu, spécialiste en Médecine Physique et Rééducation Fonctionnelle pour adultes et enfants ont eu la chance de tester un exosquelette pour 2 semaines qui a donné d'excellents résultats sur l'aide à la rééducation.

Plus près de chez nous à Luxembourg, il y a eu la même expérience au Rehazenter au Kirschberg début mars de cette année avec un

Kommentiert [SK19]: Quelle expérience ? Présente au moins une expérience en détail. Explique au moins de quelle expérience s'agit-il !
Pour le lecteur, ceci n'est pas clair.

exosquelette pour se lever, se tenir debout et marcher. Et également l'Innowalk pour aider les jeunes patients à se mettre en mouvement.

A Louvain La Neuve, il devait y avoir le printemps des sciences fin mars où j'avais prévu d'aller voir un exosquelette et la présentation de leur travail de recherche dans ce domaine. Malheureusement cette manifestation a été annulée pour cette année.

Les exosquelettes dans l'industrie :

S'agissant des applications dans l'industrie, on compte de nombreuses sociétés qui effectuent des recherches axées sur différentes tâches. Pour ce qui concerne l'assistance physique aux travailleurs affectés à la manutention de charges, on compte actuellement deux sociétés françaises : HMT (Human Mechanicus Technologies), créée en 2017 et spécialisée dans la conception, la fabrication et l'intégration de solutions exosquelettes. L'Institut national de recherche et de sécurité a publié en 2018 deux guides sur le sujet afin de sensibiliser les entreprises aux précautions à prendre avant de déployer ce type d'application. Le premier dresse un bilan des connaissances afin de mettre en évidence les intérêts et les limites de leur usage en matière de prévention des troubles musculosquelettiques. Le terme générique de « trouble musculosquelettique » (TMS), ou de lésion articulaire due au travail répétitif regroupe de nombreuses pathologies des tissus mous (muscles, tendons, nerfs). C'est la maladie professionnelle la plus courante dans les pays développés.

Le second détaille une démarche destinée aux entreprises souhaitant faire l'acquisition et déployer ce type d'outils. Les chercheurs de l'INRS (Institut national de la recherche scientifique), sur la base de leur étude des travaux publiés, conclue que pour les activités

Kommentiert [SH20]: Peux-tu expliquer brièvement ce phénomène ?

Kommentiert [OL21R20]: ok

Kommentiert [SH22]: Abréviation de ... ?

Kommentiert [OL23R22]: ok

Kommentiert [OL24R22]: trouble musculosquelettique déjà noté plus haut

spécifiques auxquelles ils se sont intéressés, les dispositifs s'avèrent relativement efficaces pour limiter les contraintes musculaires locales avec des réductions de l'activité physiques des muscles concernés s'étalant de 10 à 60% par comparaison la même tâche réalisée sans équipement. Par contre, cela peut se faire parfois au prix d'un report de la charge sur d'autres parties du corps et Theorell et Claudon, les deux auteurs de la publication, notent que si la technologie paraît prometteuse, "l'état actuel des connaissances ne permet pas de conclure formellement à l'efficacité de ce type de technologies pour prévenir la survenue de TMS (trouble musculosquelettique)".



Kommentiert [SH25]: Abréviation de ... ?

Kommentiert [OL26R25]: idem

4. Quelle est sa composition ?

Avant tout, nous devons vous préciser que chaque exosquelette développé et produit comporte ses spécificités. En effet, les exosquelettes, créés par diverses entreprises, n'ont pas été réalisés pour les mêmes fonctions et donc n'ont pas la même structure, les mêmes éléments, etc... C'est pour cela qu'ici, nous ferons des généralités qui peuvent ne pas s'appliquer à certains modèles, ou dans certains cas, nous prendrons des exemples sur lesquels nous nous appuyerons. Dans cette partie nous aborderons les différents éléments qui constituent un exosquelette, de façon générale.

a) Le cadre :

Le cadre est en quelque sorte le squelette du système. En effet c'est sur lui que reposeront les autres éléments et ce sera aussi à lui que

sera attaché l'utilisateur. Il doit donc être le plus léger possible et résistant au poids des autres éléments ainsi qu'aux chocs, etc... Il doit aussi maintenir le corps de l'utilisateur en place et cela en toute sécurité afin d'éviter toute blessure. Le cadre se compose de plusieurs parties, tels des os, qui sont reliées entre elles par des "articulations" mécaniques qui permettent aux différents membres de se mouvoir les uns par rapport aux autres. Le cadre est généralement réalisé à partir de matériaux composites à la fois légers et résistants (comme la fibre de carbone), mais aussi à partir de métaux comme l'acier ou le titane.

b) Les batteries :

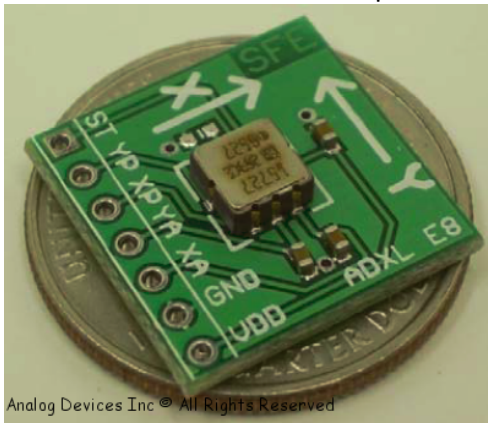
Un exosquelette, comme de nombreux systèmes techniques, a besoin d'énergie pour fonctionner. La plupart des exosquelettes utilisent l'énergie électrique, c'est pour cela qu'ils transportent des batteries qui lui permettent d'être alimenté. Les batteries permettent de stocker l'énergie électrique et de la délivrer sous la forme d'un courant continu aux autres éléments. Le point négatif des batteries est leur poids qui représente une bonne partie du poids total de l'exosquelette. De plus, un des points faibles de ce dernier est son autonomie. Donc si l'on veut améliorer l'autonomie de notre exosquelette, il faut rajouter des batteries, ce qui alourdit l'ensemble et réduit donc son autonomie, ses capacités. Il faut donc, pour améliorer les capacités et l'autonomie d'un exosquelette, améliorer les performances des batteries sans alourdir le système. Ce développement est déjà en cours dans de nombreuses universités qui travaillent sur le développement d'exosquelettes ou tout autre système qui connaît les mêmes problèmes.

c) Les capteurs :

Les capteurs sont un des éléments les plus importants d'un tel système. En effet ils permettent d'en faire un système asservi, ce qui implique qu'ils le renseignent sur son environnement, sur le (bon) déroulement de ses actions, sur son état de fonctionnement, ... Il existe une multitude de capteur sur un exosquelette comme :

- Accéléromètre:

Un accéléromètre est un capteur qui permet de connaître l'accélération d'un objet sur lequel il est fixé.
Une **accélération** est une grandeur physique qui traduit la variation d'une vitesse au cours du temps. (17)



Analog Devices Inc © All Rights Reserved

Exemple d'un accéléromètre

- Manomètre (capteur de pression):

Un manomètre est un capteur qui permet de connaître **la pression d'un milieu**. Il existe une multitude de capteurs de pression : des manomètres direct, c'est à dire mécanique comme le manomètre de Bourdon, et des manomètres "électroniques" que sont les capteurs de pressions. Il existe différentes façons de capter une pression grâce à une sonde de pression et cela dépend de ce que l'on veut mesurer. (17)



Le manomètre Bourdon est un exemple de manomètre mécanique

- Capteurs bioélectriques:

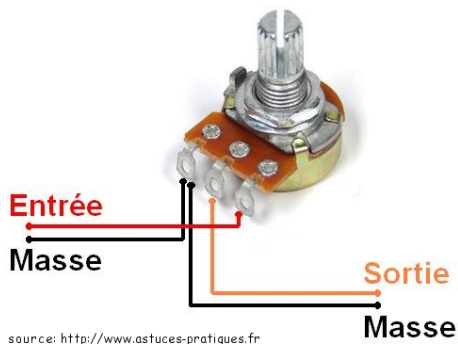
Ce capteur permet au système de percevoir les faibles courants électriques qui circulent dans le corps humain. Vous vous demandez peut-être pourquoi de l'électricité se promène dans nos corps, ces courants résultent des informations transmises par le cerveau aux muscles via les nerfs dans lesquels passent des signaux électriques et de la contraction de certaines cellules musculaires.

Ces capteurs sont très récents dans l'application aux exosquelettes, donc qui dit innovation dit brevet et donc les informations précises les concernant sont rares. (17)

- Capteurs d'angles:

Un capteur d'angle est un capteur qui permet de connaître **un angle** entre deux pièces, cette variation peut être captée et transmise de façon analogique ou numérique. Il existe différents types de capteurs angulaires : les capteurs d'angles à potentiomètre, à effet Hall et à résolveurs. Ici nous allons nous intéresser aux capteurs angulaires potentiométriques.

Les capteurs angulaires potentiométriques reprennent les caractéristiques techniques d'un **potentiomètre**. Vous ne savez peut-être pas ce qu'est un potentiomètre, donc faisons rapidement le point. Un potentiomètre est en fait une **résistance variable**. Un potentiomètre possède 3 bornes dont une est reliée à un curseur qui se déplace sur une piste résistante entre les 2 autres bornes. (17)

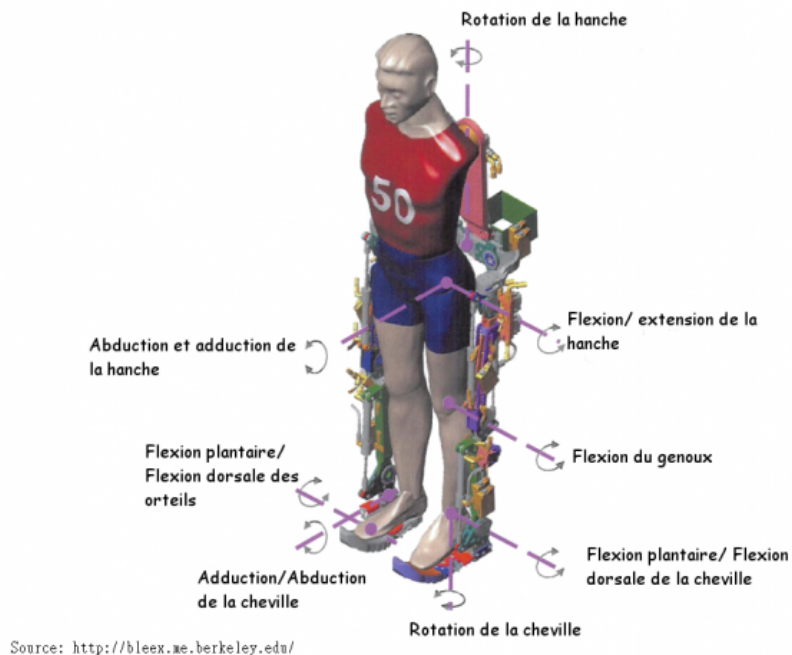


Ici, nous avons un exemple de potentiomètre. La sortie est le curseur mobile.

Contrairement aux autres capteurs, le but du capteur d'angle n'est pas de renseigner le système sur le mouvement de l'utilisateur à reproduire, mais il intervient comme **une**

sécurité.

Les exosquelettes possèdent différents degrés de liberté au niveau des articulations, d'ailleurs l'homme et l'exosquelette n'ont pas forcément le même nombre de degrés de liberté pour chaque articulation. Pour rappel on appelle **degrés de liberté**, dans le cadre d'une liaison, les mouvements relatifs et indépendants qu'à un solide par rapport à un autre et autorisés par la liaison qu'ils forment. C'est d'ailleurs pour cela que les exosquelettes des membres inférieurs n'offrent pas la même démarche fluide que les humains car ils n'ont que 1 ou 2 degrés de liberté au niveau des genoux contre 3 pour l'Homme.



Voici le schéma de l'exosquelette BLEEX, développé par l'université californienne de Berkeley. On peut y voir les différents degrés de liberté de chaque articulation et le nom de chaque mouvement possible.

De plus l'Homme a des **angles limites** que les articulations ne peuvent dépasser sous peine de casser. En effet vous ne pouvez pas tendre le bras de plus de 180° sous peine de casser votre coude... Le problème est qu'un exosquelette n'a pas forcément les mêmes et cela peut s'avérer risqué car il a aussi une plus grande force qui risque de casser les articulations...

C'est pourquoi un potentiomètre logarithmique peut être pratique, la résistance qui augmente très fortement à partir d'un certain angle permet de couper l'alimentation d'un moteur ou de réduire sa vitesse de rotation pour **éviter tout accident**.

Les matériaux souvent utilisés sont des métaux. Parce que c'est le plus stable et résistant. Mais ils doivent répondre à ses critères de résistance :

- à l'eau
- la poussière
- la rouille
- au froid (pour ne pas rester coller au métal 😊)!!
- et au chaud (pour ne pas se brûler) !!



Dans le domaine militaire, les exosquelettes doivent porter plus de poids donc, ils doivent être plus solides garantir une perfection des mouvements et une grande stabilité de l'objet porté.

Kommentiert [SK27]: 😊 pour cette image il ne faut pas d'explications supplémentaires

Kommentiert [OL28R27]: :-)

5. Comment est-il alimenté ?

1ere méthode de chargement : l'induction :

Les exosquelettes sont habituellement alimentés par une batterie dans le dos. Par manque de place et dans certain cas, ce sont plusieurs petites batteries dissimulées un peu partout dans l'exosquelette. Mais la vraie question, est de savoir comment on la charge ? En effet, sans énergie, rien ne peut fonctionner. Donc, il est évident qu'il faut trouver le moyen de la recharger. Mais comment faire si elles sont cachées dans l'exosquelette ? Les batteries sont rechargées par **induction**, cela améliore le chargement de la batterie et la rapidité.

Les différents métaux ajoutés autour de la batterie sont des conducteurs d'électricité.

Normalement, il faut plus ou moins du temps pour recharger les batteries mais, si elles ne se sont pas plates, il ne faut pas les recharger. Une batterie a un effet mémoire et donc, si on ne décharge pas complètement la batterie, cette dernière s'abîme.

Comment fonctionne le chargement par induction ?

La charge inductive (également connue sous le nom de charge sans fil ou « wireless charging ») est un type de transfert d'énergie sans fil. Il utilise l'induction électromagnétique pour fournir de l'électricité aux appareils portables. L'application la plus courante est la norme de recharge sans fil qui fonctionne pour smartphones, montres intelligentes, tablettes,.... La recharge inductive est également utilisée dans les véhicules, les outils électriques, les brosses à dents électriques et les dispositifs médicaux. L'équipement portatif peut être placé près d'une station de recharge ou d'un tampon inductif sans avoir besoin d'être aligné avec précision ou d'établir un contact électrique avec un quai ou une prise.

Kommentiert [SH29]: Peux-tu expliquer le principe ?

Kommentiert [SK30R29]: Je pense l'explication se trouve en dessous !

Kommentiert [OL31R29]: oui

Voici un exemple en photo :

2ème méthode de chargement : le mouvement du corps :



Le corps bouge à l'aide de l'exosquelette et l'énergie résultant de ce mouvement est récupérée et directement utilisée par l'exosquelette, ce qui permet de garder plus d'énergie dans la batterie et d'avoir une durée d'utilisation plus longue.

Un cas pratique connu de tous est le système de la « dynamo » présente sur les vélos entre autres :



Le mot dynamo est l'abréviation de « machine dynamoélectrique ». La dynamo désigne une machine électrique, à courant continu qui fonctionne en générateur électrique.

Elle convertit l'énergie mécanique en énergie électrique en utilisant l'induction électronique, de façon similaire à une magnéto.

6. Quelles sortes existent-ils ?

Un exosquelette connecté au cerveau. Un patient tétraplégique a été paralysé à la colonne et le cerveau n'a plus pu envoyer des signaux aux jambes et aux bras

La personne a pu remarcher grâce à un exosquelette.



Il a deux plaquettes d'électron connecté au cerveau pour récupérer les signaux électriques émis par le cerveau. Pour les envoyer à la base de données de l'exosquelette. Alors il les transforme en ordre et l'exosquelette les exécute.

L'exosquelette n'est pas encore stable car il est lourd et pas très compacte. C'est une révolution qui n'est pas encore au point mais les scientifiques y travaillent.

Il en existe des modèles plus compacts mais ils servent seulement à assister les mouvements du corps.

Kommentiert [SH32]: Peux-tu préciser de quelle nature les signaux sont-ils ?
Et, ensuite, comment et vers où exactement sont-ils envoyés ? Qu'est-ce qui se passe après ?

Kommentiert [OL33R32]: électriques

7. Conclusion :

Le domaine de l'exosquelette est très prometteur pour l'avenir. Ce domaine m'intéresse énormément et j'espère pouvoir encore l'approfondir.

J'ai moi-même déjà pu tester un exosquelette au musée scientifique Technopolis à Malines où mon grand-père nous a amené avec ma cousine. J'ai testé des exosquelettes motorisés pour le bas du corps et non motorisés pour le haut du corps. Le bas m'a permis de me rendre compte qu'il est possible de marcher sans effort.

Le haut m'a permis de prendre une lourde charge sans effort, j'ai juste dû guider l'exosquelette avec mes mains. La charge était répartie sur mes hanches au lieu des épaules.

On peut d'ailleurs se demander quel avenir les exosquelettes ont devant eux.

En effet, ils n'existent que depuis le début des années 2000. Ils sont jusqu'alors réservés au domaine médical, pour de la rééducation, au domaine industriel dans les garages, usines et entreprises pour le confort des employés et bien entendu au service de l'entreprise pour un gain de rapidité et d'efficacité, et également dans le domaine militaire pour les « super-soldats ». Même s'ils sont encore rares, et ne sont souvent que des prototypes, on pourra bientôt rêver de ballades en exosquelette ou de compétitions sportives intégrant ces systèmes ...

Les exosquelettes ne sont qu'au début de leur conception, dans le sens où beaucoup de progrès peuvent être réalisés. En effet, leur autonomie qui est un des principaux défauts, pourra être rallongée par de nouvelles technologies, le confort de l'utilisateur pourra aussi être amélioré, grâce par exemple à une meilleure imitation du mouvement et à de

nouveaux et meilleurs degrés de liberté au niveau des articulations. De plus, la perception des mouvements pourra être améliorée par des nouvelles technologies comme les capteurs biométriques, ce qui permettra d'améliorer d'une part les performances du système, et d'autre part le confort de l'utilisateur.

Mais l'utilité de ces exosquelettes est bien réelle. Imaginez quel pourrait être l'avantage pour des pompiers par exemple, ou en cas de catastrophe naturelle telle qu'un séisme, pour des sauveteurs fouillant les décombres d'un village. On peut aussi penser au monde de l'entreprise, où les exosquelettes permettraient d'augmenter la productivité sans remplacer les salariés par de simples robots, où de simplifier la tâche à des ouvriers et ainsi leur permettre d'avoir une meilleure santé. Les exosquelettes permettraient ainsi une évolution du monde !

Le problème est que toute invention peut être détournée à des fins moins louables, et par exemple être utilisée dans le but de nuire à autrui. En fin de compte, l'exosquelette est un moyen d'améliorer la société mais peut aussi être un danger, tout dépendra de l'utilisation qu'en fera l'Homme.

8. Sources

- 1 <https://youtu.be/cEk2ALWCOMY>
- 2 https://youtu.be/rEKe_SHTgal
- 3 <https://youtu.be/zLc12tqNbk8>
- 4 <https://www.automobil-industrie.vogel.de/exoskelette-hilfe-bei-koerperlich-anstrengender-arbeit-gal->
- 5 <https://fr.wikipedia.org/wiki/Exosquelette>
- 6 https://en.wikipedia.org/wiki/Inductive_charging
- 7
- 8 <https://www.youtube.com/watch?v=e8Or5vFBM1s>
- 9 <https://www.youtube.com/watch?v=UcEdJ2P1CUo>
- 10 <https://www.youtube.com/watch?v=3zIUscRtLcg>

Kommentiert [SK34]: Est-ce que les sources de tes images figurent dans cette liste ?

Kommentiert [OL35R34]: oui

Kommentiert [OL36R34]: oui

- 11 https://www.youtube.com/watch?v=rEKe_SHTqal
- 12 <https://www.printempsdessciencesucl.be/evenement/1>
- 13 Journal Télévisé 19h00 du 8 février 2020 sur la Une
- 14 <https://www.colruytgroup.com/wps/portal/cg/fr/accueil/histoires/employee-well-being/bien-etre-collaborateurs>
- 15 <https://www.nonet-entreprise-construction.be/en-video-lexosquelette-nonet-sur-un-chantier-de-demolition>
- 16 <https://www.lefigaro.fr/musique/grace-a-des-gants-bioniques-le-pianiste-bresilien-joao-carlos-martins-retrouve-son-clavier-20200128>
- 17 <http://tpeexosquelette.e-monsite.com/pages/simulation-d-un-exosquelette/>

9. Remerciements

- Mon tuteur Monsieur Schleicher et Madame Kohll pour leurs aides et leurs conseils avisés.
- Monsieur Renaud Ronsse, Professeur à l'université catholique de Louvain pour sa documentation. Roboticien chez Louvain Bionics. <https://perso.uclouvain.be/renaud.ronsse/>
- Dr Katharina Dulieu, Médecine Physique, Rééducation Fonctionnelle adultes et enfants, CHA Libramont.
- Monsieur Sébastien Vanderlinden, Research in PT & Neuro-(Re)Habilitation à l'université libre de Bruxelles (ULB)

Kommentiert [SK37]: Est-ce que tu as parlé avec toutes ces personnes, tous ces professionnels ????

Kommentiert [OL38R37]: oui ce sont les 3 personnes qui m'ont envoyé de la documentation