

QUÉBEC SCIENCE AU SECONDAIRE

DOCUMENT PÉDAGOGIQUE



L'HUMAIN BIONIQUE EST-IL À NOS PORTES ?

CAHIER DE L'ÉLÈVE

Durée	Clientèle visée	Article lié
75 minutes	Les élèves de première année du deuxième cycle. Science et technologie (ST)	« L'humain bionique est-il à nos portes ? » (Magazine Québec Science, volume 57, numéro 8, juin 2019, pages 46-50), rédigé par la journaliste Sylvie St-Jacques.

1. Alex, un ex-militaire, a testé le prototype d'exosquelette *Uprise* dans un laboratoire de l'entreprise Mawashi. Cet exosquelette permet notamment de mieux répartir le poids de lourdes charges afin d'épargner la colonne vertébrale.

a. De quel système fait partie la colonne vertébrale ?

1

b. Quels sont les rôles de ce système ? Encerle toutes les bonnes réponses.

Protection et défense

Locomotion

Soutien

Hydratation

Nutrition

Circulation du sang

Échanges de gaz

Excrétion des déchets

0.5 1 1.5 2

c. La colonne est formée de plusieurs os appelés vertèbres. En observant l'image de l'exosquelette, on aperçoit que la partie recouvrant le dos est aussi formée de plusieurs pièces qui s'inspirent des vertèbres du corps.

i. Pourquoi les colonnes du corps humain et de l'exosquelette sont-elles fabriquées ainsi alors qu'elles seraient beaucoup plus solides en un seul morceau ?

1 2

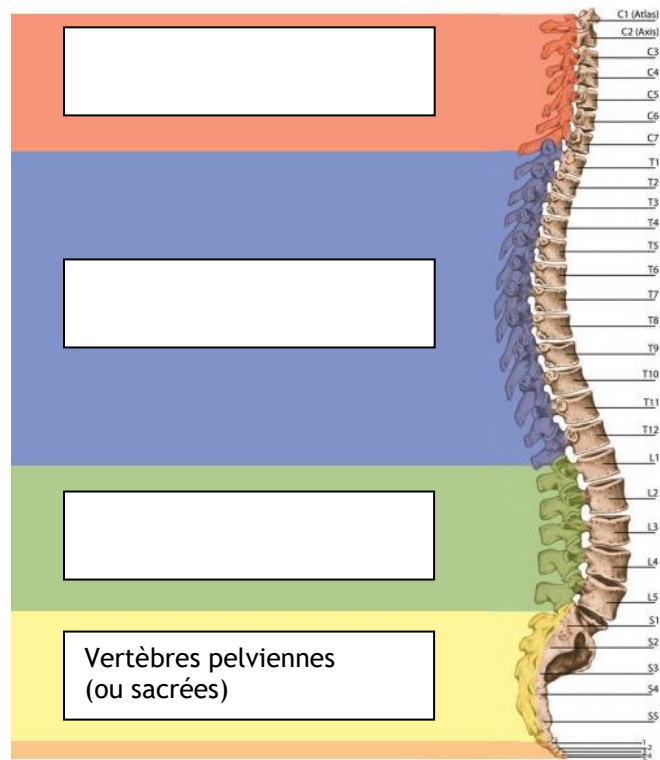
ii. Toutes les vertèbres possèdent un trou en leur centre qui forme le canal vertébral. Que retrouve-t-on au centre de ce canal ?

1

iii. Quel groupe d'os retrouve-t-on au sommet de la colonne vertébrale ?

1

- iv. On sépare les vertèbres en 4 groupes. Indique sur l'image le nom des 3 groupes non-identifiés.



1 2 3

- v. Qu'ont de particulier les vertèbres pelviennes par rapport aux autres groupes de vertèbres ?

2

2. Les exosquelettes peuvent être utilisés pour améliorer les performances et protéger les utilisateurs. Lorsqu'il a porté un lourd sac en utilisant l'exosquelette *Uprise*, Alex a déclaré :

« J'aime le fait de ressentir moins de pression dans les genoux. Je ne sens pas le poids des charges que je porte parce qu'il est réparti afin d'épargner mes articulations ».

- a. Quels sont les deux rôles remplis par les articulations ?

1 2

- b. Les articulations peuvent être regroupées selon leur degré de mobilité ; elles sont immobiles (aucun mouvement possible), semi-mobiles (amplitude de mouvement limitée) ou bien mobiles.

Place les différentes articulations suivantes dans la catégorie appropriée

Os du crâne	Dents sur la mâchoire
Genou	Vertèbres cervicales
Épaule	Vertèbres pelviennes (ou sacrées ou sacrum)
Jonction des côtes aux vertèbres	Hanche

Immobilés	Semi-mobiles	Mobiles

0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4

- c. Les articulations sont considérées comme **les points faibles du squelette**. Explique pourquoi ces endroits sont plus fragiles et ce qui pourrait arriver aux articulations d'un militaire qui doit transporter des lourdes charges (parfois jusqu'à 77kg) sans l'aide d'un exosquelette.

Pour t'aider, tu peux utiliser les mots ci-dessous pour orienter tes explications.

Articulation
Tendon

Jonction
Fragile

Cartilage
Usure

1 2

3. L'exosquelette n'aide pas seulement le squelette ; il permet également de limiter les contraintes musculaires. Selon Jean Theurel, chercheur à l'Institut national de recherche et de sécurité en France :

« [...] les exosquelettes s'avèrent relativement efficaces pour limiter les contraintes musculaires locales [...], permettant des baisses de 10 à 60% du niveau d'activité des muscles mobilisant l'articulation assistée par l'exosquelette, en comparaison d'une même tâche réalisée sans équipement. »

- a. Il existe 3 types de muscles dans le corps. Les muscles striés, qui sont associés aux mouvements volontaires, les muscles lisses, associés aux mouvement involontaires, et le muscle cardiaque.
- i. Quel type de muscle est sollicité pour effectuer un travail (comme porter une charge ou marcher) et est aidé par l'utilisation d'exosquelette ?

1

- ii. Pour chaque tissu suivant, indique de quel type de muscle il s'agit :

Biceps _____

Estomac _____

Langue _____

Cœur _____

Vessie _____

Pectoraux _____

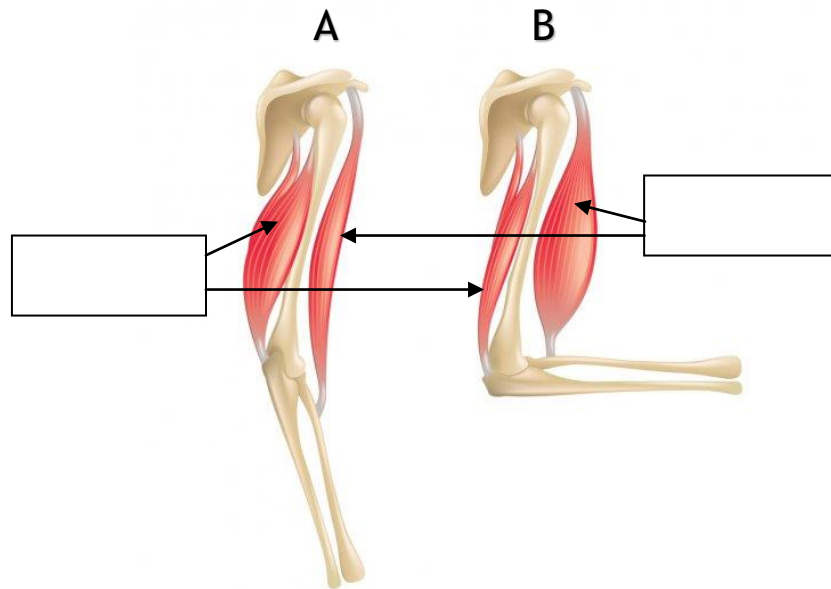
0.5 1 1.5 2 2.5 3

- b. Tous les types de fibres musculaires possèdent 3 propriétés très importantes, lesquelles ?
- i. Rigide, solide et lourde
- ii. Excitable, contractile et élastique
- iii. Rouge, volontaire et extensible

1

Les exosquelettes peuvent aider les muscles se trouvant autour des articulations. On pourrait par exemple doter les travailleurs d'une entreprise d'un exosquelette au niveau du bras afin de faciliter les mouvements du coude.

- c. L'articulation du coude est majoritairement contrôlée par deux muscles ; le biceps et le triceps.



- i. Inscris les noms des muscles dans les encadrés (indice : lorsque l'on plie le coude, c'est le biceps qui se contracte).

1

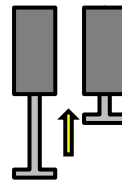
- ii. Quel nom donne-t-on à des muscles qui, comme le triceps et le biceps, ont des effets opposés sur une articulation ?

1

- iii. Quelle figure représente un bras où le triceps se contracte ?

1

On veut créer un exosquelette qui permettra de soulever une charge à l'aide du coude (flexion pour passer d'un bras allongé le long du corps à un bras avec un angle de 90°). Pour se faire, on a conçu une petite machine qui se contracte avec force à la manière d'une pompe.



iv. Place les deux schémas de la machine sur les images du coude correspondante

2

v. Quel muscle cette machine remplacera-t-elle ?

1

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

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

Les exosquelettes ne se limitent pas à l'amélioration des performances. Ils sont de plus en plus utilisés dans la réadaptation des personnes avec un handicap physique ou un problème neurologique. Ces systèmes vont permettre, selon Hugh Herr, de mettre fin aux handicaps.

Le prochain défi des exosquelettes sera maintenant d'éliminer la « séparation entre le système nerveux et la technologie ».

a. Le système nerveux se sépare en deux parties ; le système nerveux central (SNC) et le système nerveux périphérique (SNP). Indique si les énoncés suivants s'appliquent pour le SNC ou le SNP.

Il est protégé par le crâne et la colonne vertébrale	
Il est connecté avec tous les muscles	
Il interprète l'information	
Il comprend des nerfs sensitifs et des nerfs moteurs	

0.5 1 1.5 2

Afin de créer cette « non-séparation entre le système nerveux et la technologie », les chercheurs devront mettre au point des technologies qui peuvent communiquer avec le système nerveux de l'utilisateur.

- b. Les influx nerveux sont des activités électriques responsables de la transmission des messages entre les muscles et le système nerveux central.
 - i. Comment se nomme les plus petites unités (cellules) par lesquelles l'influx nerveux est propagé ?

1

- ii. Ces cellules comportent 3 sections ; des dendrites, un axone et des terminaisons nerveuses. Complète le texte suivant en encerclant les termes appropriés.

Un influx nerveux est reçu par **(les dendrites / l'axone / les terminaisons nerveuses)**. L'influx voyage par l'axone jusqu'aux **(dendrites / terminaisons nerveuses)**. À cet endroit, on retrouve des petits sacs remplis de **(neurotransmetteurs / molécules de glucoses)**. Ceux-ci sont libérés dans la **(faille / synapse / moelle épinière)** qui est la zone de contact entre deux neurones ou un neurone et une autre cellule. L'influx nerveux circule **(dans un seul sens / dans les deux sens)**.

0.5 1 1.5 2

5. Mise en situation :

On désire produire un exosquelette pour aider une personne paraplégique à marcher. La paraplégie est causée par une lésion de la moelle épinière à une hauteur plus élevée que les nerfs associés aux jambes.

Lorsque le cerveau veut envoyer de l'information aux muscles volontairement, l'influx nerveux voyage de cette façon :

Cerveau → Tronc cérébral → Moelle épinière → Nerfs moteurs → Muscles

À l'inverse, si un organe sensitif envoie de l'information vers le cerveau, l'influx nerveux voyage comme-ci :

Organe sensitif → Nerfs sensitifs → Moelle épinière → Tronc cérébral → Cerveau

- a. Pour chaque séquence représentant un influx nerveux, raye la flèche où l'échange d'information ne peut pas se produire lorsqu'une personne est atteinte de paraplégie.

1 2

- b. Avec une technologie idéale, l'appareil pourra communiquer avec le système nerveux sans problème. Si on imagine un exosquelette possédant une connexion nerf/machine ainsi qu'un moteur ;

- i. Explique dans tes mots où à l'aide d'une suite avec des flèches comment cette personne pourrait commander l'exosquelette.

2

- ii. Explique dans tes mots comment l'exosquelette pourrait communiquer avec le cerveau pour transmettre des sensations importantes (par exemple sa position ou bien un choc).

2

/42

POUR ALLER PLUS LOIN

La technologie et la science viennent en aide à plusieurs personnes souffrant d'un handicap physique. Sans mettre totalement fin aux handicaps, les avancées technologiques permettent à plusieurs personnes d'avoir une qualité de vie qui n'aurait pas pu être envisageable il y a quelques décennies.

Informe-toi sur les différentes technologies qui viennent en aide aux personnes souffrant d'un handicap ;

- Les machines aidant à la communication pour les personnes souffrant d'une paralysie, comme par exemple Stephen Hawking.
- Les prothèses pour les coureurs.
- Les logiciels de reconnaissance optique de caractère qui convertissent les textes et influx visuels en sons pour permettre aux non-voyants de lire.
- Les implants cochléaires qui remplacent les oreilles défectueuses des malentendants.

Conçu et réalisé grâce au soutien financier du Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.

Recherche, rédaction, conception : Zapiens Communication Scientifique