

QUÉBEC SCIENCE AU SECONDAIRE

DOCUMENT PÉDAGOGIQUE



L'HUMAIN BIONIQUE EST-IL À NOS PORTES ?

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

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.

OBJECTIFS

Québec Science au secondaire propose des documents pédagogiques afin d'arrimer le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) à l'actualité scientifique. Vous pourrez discuter en classe d'enjeux de société et de nouvelles découvertes, tout en suivant la progression des apprentissages.

L'équipe de Québec Science espère de tout cœur que ces documents vous seront utiles.

CONCEPTS ABORDES

Selon la progression des apprentissages

Univers du vivant

D. Systèmes - Fonction de relation

1. Système nerveux et musculosquelettique
 - a. Système nerveux central
 - i. Identifier les parties du système nerveux central (encéphale, moelle épinière)
 - ii. Expliquer le rôle du système nerveux central (ex. : gestion des comportements complexes et traitement des informations sensorielles et des réponses associées)
 - b. Système nerveux périphérique
 - i. Neurone Identifier les principales parties d'un neurone (synapse, axone, dendrite)
 - (a) Expliquer le rôle du système nerveux périphérique (transport de l'influx nerveux des sens vers l'encéphale et de l'encéphale vers les muscles)
 - ii. Influx nerveux
 - (b) Associer les nerfs au transport de l'influx nerveux Distinguer l'acte volontaire de l'arc réflexe
 - d. Système musculosquelettique
 - i. Fonction des os, des articulations et des muscles
 - (a) Nommer les principales parties du squelette (tête, thorax, colonne vertébrale, membres inférieurs et supérieurs)
 - (b) Décrire les fonctions des principales parties du squelette (ex. : la colonne vertébrale protège la moelle épinière et permet des mouvements du tronc)
 - (c) Expliquer le rôle du système musculosquelettique
 - (d) Décrire le fonctionnement des paires de muscles antagonistes (ex. : biceps et triceps)
 - (e) Décrire les fonctions des articulations (liaison des os entre eux et mobilité)
 - ii. Types de muscles
 - (a) Associer les types de muscles (lisses, squelettiques, cardiaque) aux tissus dans lesquels on les trouve

RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

Les exosquelettes gagnent de plus en plus en popularité et en efficacité. Ils permettent d'améliorer les performances des militaires (comme l'exosquelette *Uprise* de l'entreprise québécoise Mawashi) ou bien d'aider à la réadaptation de personnes souffrant d'un handicap. Bien souvent, les avancées militaires trouvent une application dans d'autres domaines, comme la médecine. Les chercheurs ont cependant encore beaucoup de travail à faire pour rendre ces exosquelettes mieux adaptés.

FONCTIONNEMENT

Commencez par une lecture individuelle du texte. Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève. Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer. À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

SUGGESTION D'AMORCE

Comment la technologie vous aide-t-elle dans la vie de tous les jours ? Seriez-vous aussi efficace sans la technologie autour de vous ? Et si la technologie pouvait être intégrée à votre corps ? Devrait-on permettre aux gens de modifier leur corps avec des machines ?

Animer une discussion sur les exosquelettes et comment ceux-ci pourraient augmenter les performances du corps ou bien pallier des handicaps.

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 ?

Le système musculosquelettique

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 point par bonne réponse

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 ?

Si la colonne n'était formée que d'un seul os en forme de tube, elle serait beaucoup moins flexible et souple. La colonne vertébrale formée de vertèbres est un compromis entre solidité et flexibilité afin de permettre à notre corps de bouger aisément.

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 ?

La moelle épinière

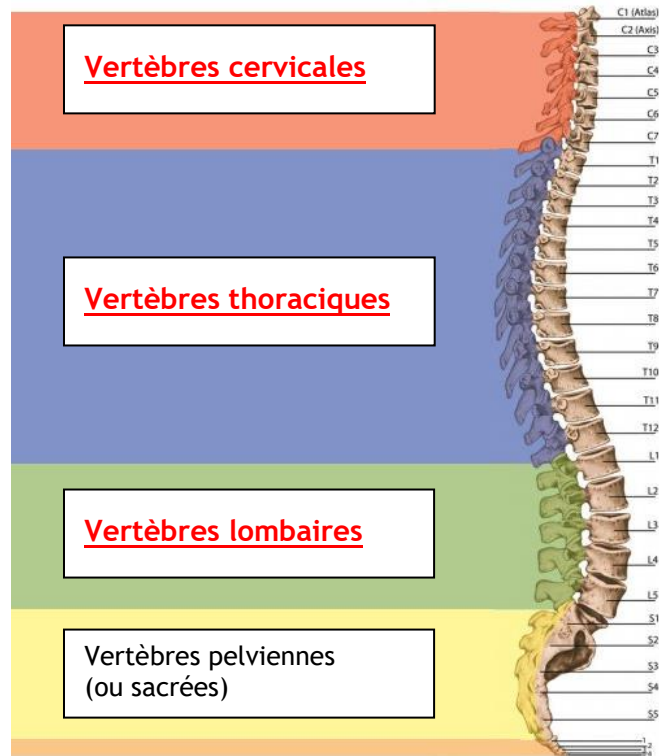
1

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

Le crâne

1

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



1 point par bonne réponse

1 2 3

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

Les vertèbres pelviennes sont fusionnées, il n'y a pas de disques intervertébraux entre elles

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 ?

Lier les os entre eux

Donner de la mobilité au squelette

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
Os du crâne Vertèbres pelviennes Dents et mâchoire	Vertèbres cervicales Jonction des côtes aux vertèbres	Genou Épaule Hanche

0.5 point par bonne réponse

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

Une articulation est plus fragile qu'un os complet puisqu'il s'agit d'une jonction entre deux os. Les articulations sont notamment formées de cartilages et tendons plutôt que de l'os très solide. Ces jonctions permettent plus de liberté de mouvement mais ces « matériaux » sont beaucoup moins résistants.

Les tissus plus fragiles de l'articulation s'usent et se brisent

2 points pour une réponse complète qui utilise les 6 mots ; -1 point pour une réponse partielle

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 mouvements 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 ?

Les muscles striés

1

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

Biceps	Muscle strié
Estomac	Muscle lisse
Langue	Muscle strié
Cœur	Muscle cardiaque
Vessie	Muscle lisse
Pectoraux	Muscle strié

0.5 point par bonne réponse

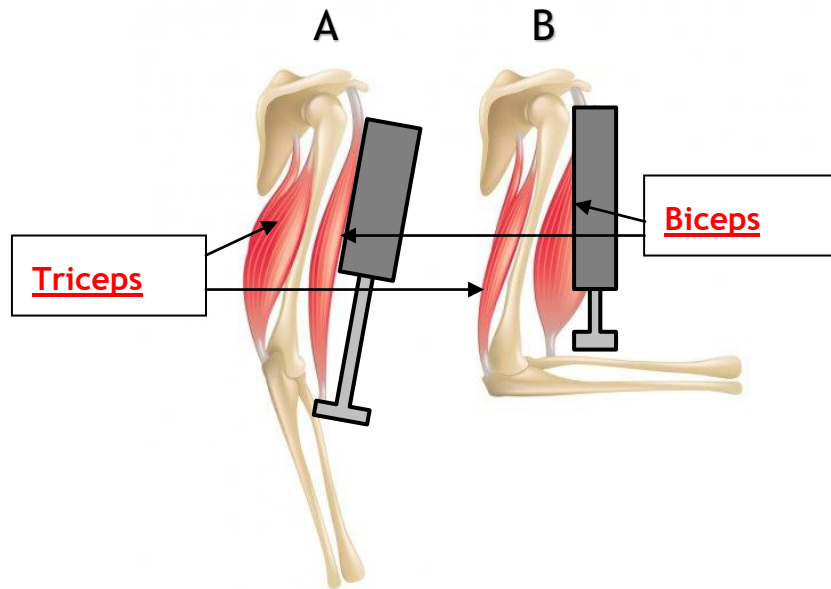
0.5 1 1.5 2 2.5 3

- 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 ?

Des muscles antagonistes

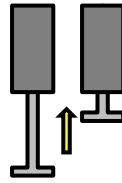
1

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

A

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 ?

Le biceps

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	SNC
Il est connecté avec tous les muscles	SNP
Il interprète l'information	SNC
Il comprend des nerfs sensitifs et des nerfs moteurs	SNP

0.5 point par bonne réponse

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 ?

Neurone

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 point par bonne réponse

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.

Cerveau → Tronc cérébral → Moelle épinière → connexion nerf/machine → Moteur

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).

Exosquelette → Connexion nerf/machine → Moelle épinière → Tronc cérébral → Cerveau

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