

Exercices thème N. Comportements, mouvement et système nerveux

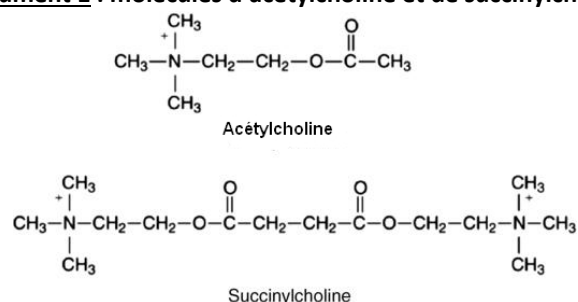
Exercice A.

Le succinylcholine est une molécule utilisée en médecine d'urgence afin de réaliser l'intubation oro-trachéale.

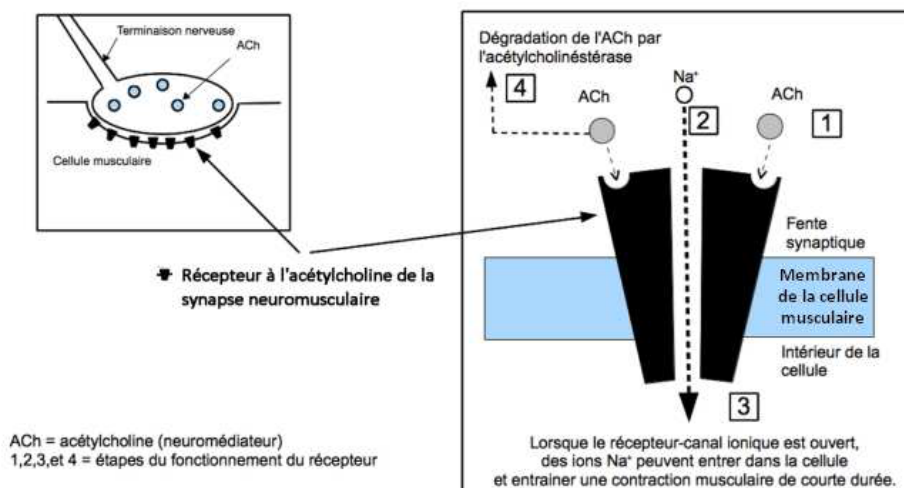
Ce geste technique nécessite l'immobilité des cordes vocales (chacune actionnée par un muscle vocal) lors de l'introduction d'un dispositif tubulaire dans la trachée qui permet la ventilation mécanique et l'administration de médicaments par voie pulmonaire.

À l'aide de l'exploitation des documents mis en relation avec les connaissances, expliquer le mode d'action et les effets de la succinylcholine sur les muscles vocaux.

Document 1 : molécules d'acétylcholine et de succinylcholine

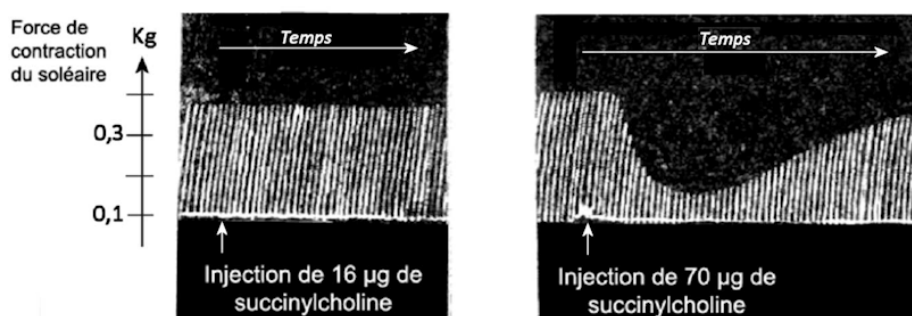


Document 2 : Le récepteur à l'acétylcholine et son action au niveau de la synapse neuromusculaire



Document 3 : Mesure de l'activité musculaire (soléaire, muscle du mollet), en réponse à des stimulations successives, au cours de l'administration de doses croissantes de succinylcholine. (Les fonctionnements des muscles des cordes vocales et soléaires sont comparables).

L'injection de succinylcholine est matérialisée par la flèche blanche, chaque trait correspond à une contraction répondant à une stimulation et la hauteur du trait représente la force de la contraction.



D'après Brit. J. Pharmacol. (1953) Studies on the pharmacology of succinylcholine. By G.F. Somers 1952.

Document 4 : Dégradation des neurotransmetteurs dans la fente synaptique

« L'acétylcholinestérase hydrolyse l'acétylcholine et neutralise son action en moins de 5 millisecondes. La fibre musculaire est alors susceptible de répondre à une nouvelle émission de neuromédiateurs.

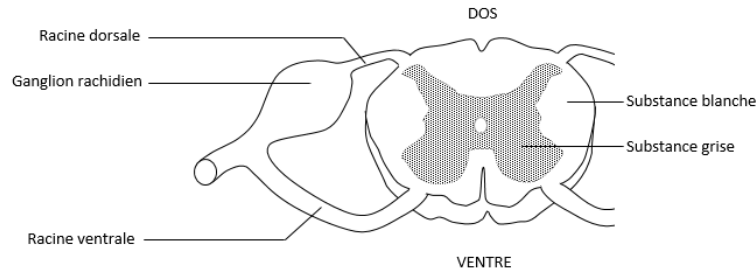
L'action des pseudocholinestérases (responsables de la neutralisation de la succinylcholine) est lente et la succinylcholine subsiste environ 10 minutes dans la fente synaptique. »

D'après Physiologie de la jonction neuromusculaire et mécanisme d'action des curares. N. Ouédrogo et al. Nov 2011

Exercice B.

Le réflexe myotatique, qui provoque la contraction d'un muscle suite à son propre étirement, met en jeu différents éléments qui constituent l'arc réflexe.

Document de référence : Coupe transversale au niveau de la moelle épinière



QCM : À partir du document de référence et de l'utilisation des connaissances, répondre aux questions suivantes en indiquant la lettre correspondant à l'unique bonne réponse.

- 1- **Au niveau de la moelle épinière, la section de la racine ventrale d'un nerf rachidien :**
 - a) entraîne la paralysie des muscles innervés par les fibres de ce nerf.
 - b) entraîne la suppression de la sensibilité des muscles innervés par ces fibres.
 - c) n'entraîne pas la paralysie des muscles innervés par ces fibres.
 - d) entraîne la perte de sensibilité et de la motricité des muscles innervés par ces fibres.

- 2- **Un message nerveux enregistré dans un motoneurone :**
 - a) a une vitesse de propagation variable.
 - b) est codé en fréquence de potentiels d'actions.
 - c) est généré quelle que soit l'activité de la stimulation.
 - d) se propage des terminaisons axonales vers le corps cellulaire.

- 3- **Le message nerveux enregistré au niveau d'une fibre neuronale issue d'un récepteur sensoriel localisé dans un musclé étiré :**
 - a) est un potentiel de repos.
 - b) se propage le long d'un neurone dont le corps cellulaire se situe au niveau d'un ganglion rachidien.
 - c) a été généré au niveau du corps cellulaire situé dans les muscles.
 - d) provient de la synapse neuromusculaire.

Exercice C.

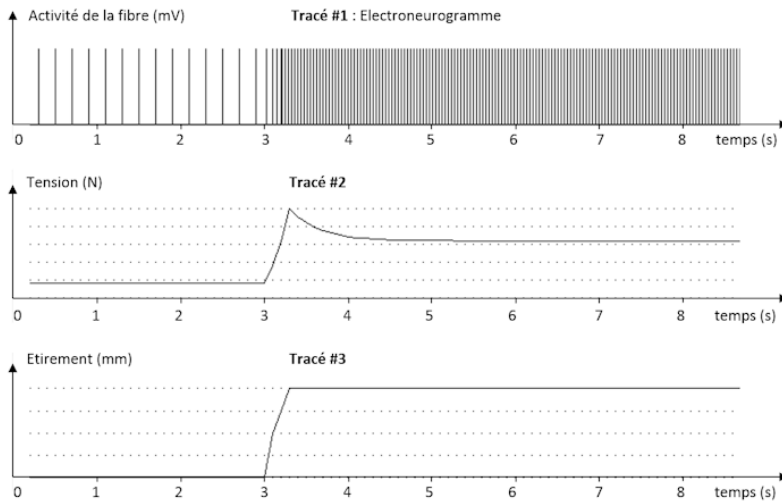
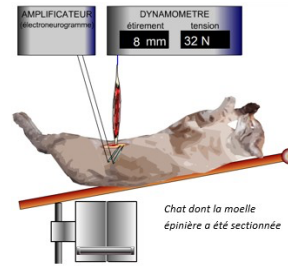
En 1924, le physiologiste britannique Charles Scott Sherrington a réalisé une série d'expériences pour comprendre les mécanismes de rétractation de la patte chez le chat. La modélisation suivante permet de reproduire de façon fidèle mais virtuelle les expériences historiques qui ont permis à Sherrington de mettre en évidence le réflexe myotatique.

On cherche à comprendre, par cette modélisation, comment le réflexe myotatique a pu être mis en évidence par Sherrington.

Document :

<p>Dans l'expérience ci-contre, on modélise comment Sherrington avait sectionné l'arrière de l'encéphale d'un chat anesthésié, libérant ainsi sa moelle épinière (animal décérébré) puis avait allongé l'animal sur une planche qu'il pouvait déplacer du haut vers le bas.</p> <p>La modélisation consiste ensuite à isoler le muscle extenseur (quadriceps crural) du membre postérieur, à le rattacher par son tendon inférieur à un dynamomètre. Ce système fixe permet de mesurer l'étirement subi et la tension développée par le muscle en réponse à l'étirement. Dans ces conditions et bien que l'animal soit décérébré, le muscle conserve son innervation. On modélise ensuite le déplacement vers le bas de la planche sur laquelle l'animal est allongé.</p>	<p style="text-align: center;">Protocole expérimental modélisé</p>
---	---

Dans cette adaptation contemporaine et virtuelle de l'expérience de Sherrington, il a été prévu de simuler l'ajout de microélectrodes sur une fibre nerveuse sensorielle qui innerve le muscle extenseur de la patte postérieure du chat.



Le tracé #1 permet de suivre l'activité de la fibre nerveuse sensorielle durant l'expérience.

Le tracé #2 présente la tension mesurée par le dynamomètre durant l'expérience.

Le tracé #3 montre l'évolution de l'étirement du muscle durant l'expérience.

Enregistrement des résultats de l'ensemble de l'expérience

Cocher la bonne réponse dans chaque série de proposition du QCM pour comprendre ce qu'est un réflexe myotatique.

1- Lorsque Sherrington incline vers le bas la planche sur laquelle l'animal est allongé, la réponse musculaire de la patte du chat montre que le muscle extenseur :

- se relâche.
- se relâche puis se contracte.
- se contracte.
- ni ne se relâche ni ne se contracte.

2- En inclinant vers le bas la planche sur laquelle l'animal décérébré est allongé, Sherrington :

- met en évidence qu'un muscle réagit de façon involontaire à son étirement.
- montre que la commande volontaire permet à un muscle de réagir à son propre étirement.
- met en évidence qu'un réflexe myotatique nécessite l'intervention du cerveau.
- met en évidence qu'un réflexe myotatique se réalise indépendamment de l'intervention d'un centre nerveux.

3- L'électroneurogramme (tracé 1) montre que lors de l'étirement du muscle :

- la fréquence des potentiels d'action augmente.
- l'amplitude des potentiels d'action augmente.
- la fréquence et l'amplitude des potentiels d'action augmentent.
- la fréquence et l'amplitude des potentiels d'action augmentent puis diminuent.

4- Ainsi lorsque Sherrington incline vers le bas la planche sur laquelle l'animal est allongé, l'électroneurogramme permet de montrer que :

- l'amplitude des potentiels d'action permet de coder le message nerveux moteur.
- la fréquence des potentiels d'action permet de coder le message nerveux moteur.
- l'amplitude des potentiels d'action permet de coder le message nerveux sensoriel.
- la fréquence des potentiels d'action permet de coder le message nerveux sensoriel.

Exercice D.

Le Ice Bucket Challenge, aider la recherche sur la maladie de Charcot

Le Ice Bucket Challenge consiste à se renverser un seau d'eau glacée sur la tête, puis à inviter son entourage à reproduire ce geste. Le but de ce défi est de médiatiser la lutte contre la Sclérose Latérale Amyotrophique (SLA), également appelée maladie de Charcot.

Selon le journal Huffingtonpost du 25/08/2014, le Ice Bucket Challenge serait responsable du triplement des dons en faveur de la recherche sur cette maladie.

On cherche à identifier les causes et les conséquences de la SLA.

À partir de l'étude des documents proposés, cocher la bonne réponse dans chaque série de propositions du QCM.

Document 1 : la sclérose latérale amyotrophique

Le nom de cette maladie s'explique par ses symptômes. En effet, dans la SLA la dégénérescence des motoneurones centraux et périphériques provoque l'apparition d'un tissu cicatriciel, appelé aussi « *Sclérose* ». Les axones des neurones moteurs centraux impliqués se trouvent dans la partie « *Latérale* » de la moelle épinière. Et, l'absence de stimulation nerveuse, liée à la disparition des motoneurones, entraîne une fonte musculaire, appelée « *Amyotrophie* ».

L'apparition de la maladie de Charcot peut être subtile avec des symptômes souvent négligés. Mais, tôt ou tard, le patient finit par perdre le contrôle de ses mouvements.

Une caractéristique essentielle de la SLA est qu'en dehors de la motricité, elle respecte les autres fonctions du système nerveux, telles que les fonctions intellectuelles et sensorielles, tout le long de la maladie. Cette maladie épargne également certains muscles tels ceux de l'œil, du cœur, de la vessie, de l'intestin et des organes sexuels.

D'autres symptômes peuvent toutefois s'ajouter aux troubles moteurs, notamment constipation, amaigrissement, douleurs, œdèmes, troubles du sommeil et troubles respiratoires.

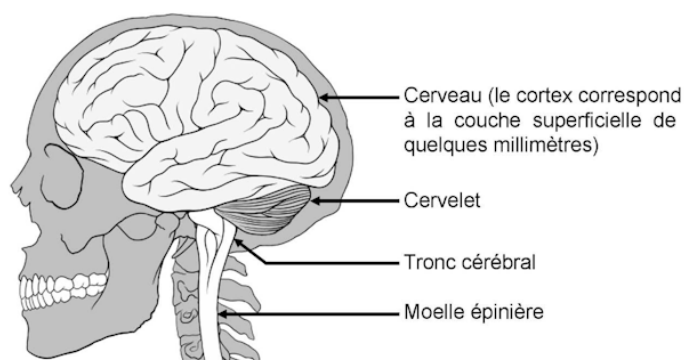
On distingue deux formes de SLA selon le site où débute l'atteinte des motoneurones périphériques :

- la forme « spinale » dans laquelle les premiers motoneurones périphériques atteints se trouvent dans la moelle épinière. Elle se traduit par des troubles de la motricité des membres supérieurs et/ou inférieurs (contractions musculaires, crampes, raideur ou faiblesse musculaire) ;

- la forme « bulbaire » dans laquelle les premiers motoneurones périphériques atteints se trouvent dans le tronc cérébral. Il en résulte des troubles de la parole et de la déglutition.

D'après les sites <http://www.maladiecharcot.org> et <http://www.arsla-asso.com>

Document 2 : l'organisation du système nerveux central



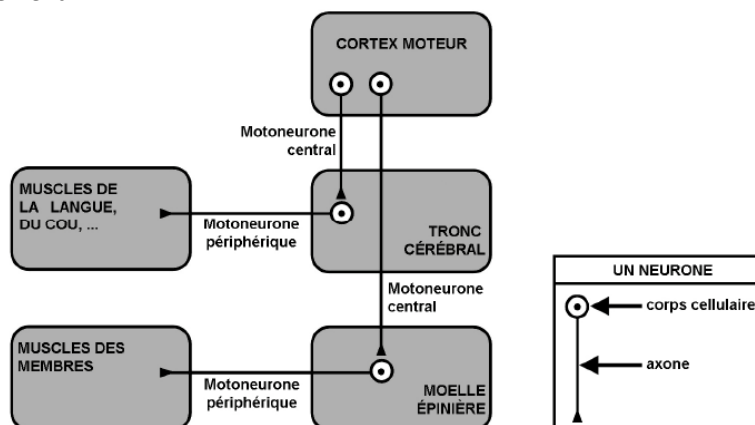
D'après Wikipédia

Document 3 : motoneurones et commande volontaire

Pour réaliser un mouvement, les messages véhiculés par les motoneurones centraux sont transmis aux motoneurones périphériques :

- le corps cellulaire d'un motoneurone central est localisé dans le cerveau, au niveau du cortex moteur ;
- le corps cellulaire d'un motoneurone périphérique se trouve dans le tronc cérébral ou dans la moelle épinière.

Ce type de motoneurone est directement connecté à un muscle à qui il transmet l'ordre de contraction à l'origine du mouvement.



1. Le système nerveux central est constitué

- des différents lobes du cerveau
- du tronc cérébral et de la moelle épinière
- du cerveau et du cervelet
- du cerveau, du tronc cérébral, du cervelet et de la moelle

épineière

2. Les motoneurones centraux sont

- localisés entièrement dans le cerveau
- connectés aux motoneurones périphériques
- connectés aux cellules musculaires
- impliqués dans la sensibilité

3. La forme « bulbaire » de la SLA

- affecte exclusivement des motoneurones centraux
- affecte exclusivement des motoneurones périphériques
- provoque des troubles de la motricité des membres inférieurs et/ou supérieurs
- provoque des troubles de la parole et de la déglutition

4. La SLA correspond à une dégénérescence

- des motoneurones du cortex moteur, suivie d'une atteinte du cervelet
- des cellules musculaires, suivie d'une atteinte des motoneurones
- des motoneurones, suivie d'une atteinte musculaire
- du cervelet, suivie d'une atteinte des motoneurones du cortex moteur

5. Les conséquences de la SLA sont

- une paralysie progressive des muscles de l'œil, du cœur et de la vessie
- une paralysie progressive des muscles et des troubles de la motricité
- la perte progressive des fonctions intellectuelles et des troubles de la motricité
- des troubles de la parole et la perte progressive des fonctions sensorielles

Exercice E.

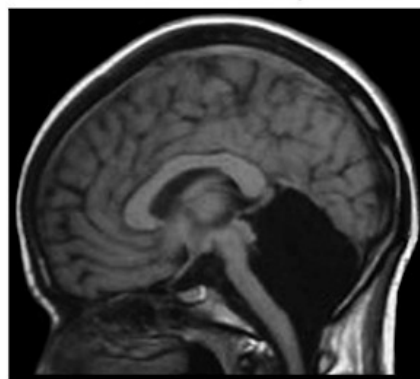
Une patiente sans cervelet

Suite à des vertiges et des nausées, une femme âgée de 24 ans passe une IRM prescrite par ses médecins. L'examen révèle qu'elle n'a pas de cervelet. Elle indique aux médecins qu'elle a appris à marcher et à parler tardivement vers l'âge de 6 ans. Aujourd'hui, cependant, elle ne souffre que de légères difficultés pour se déplacer et s'exprimer.

IRM cérébrale d'un individu sain



IRM cérébrale de la patiente



La flèche indique le cervelet.

D'après F. Yu et al., Brain, 2014

À l'aide de l'exploitation des documents, émettre une hypothèse pour tenter d'expliquer comment cette jeune femme, malgré l'absence de cervelet, peut parler et marcher.

Document 1 : le rôle du cervelet

Le cervelet, aussi appelé « petit cerveau », est situé en dessous des deux hémisphères. Il représente environ 10 % du volume total du cerveau mais contient 50 % des neurones. Le cervelet a plusieurs rôles : il assure la régulation, la coordination et la synchronisation des activités musculaires de mouvements volontaires tels que la marche ou l'articulation de la parole, et il permet également le contrôle des activités musculaires de la posture et de l'équilibre par exemple.

D'après le site <http://www.sciencesetavenir.fr>

Document 2 : représentation des aires motrices de deux groupes de singes

Des chercheurs se sont demandé si l'apprentissage d'une nouvelle tâche pouvait modifier l'organisation du cortex moteur. Ils ont séparé des singes écureuils en deux groupes :

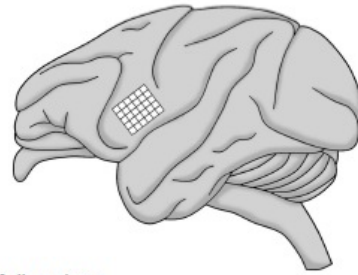
- un premier groupe devait saisir les croquettes sur un grand plateau comme à leur habitude, à pleine main. Sur les grands plateaux, les singes peuvent saisir les croquettes avec l'ensemble de la main.

- un deuxième groupe a été entraîné à saisir les croquettes sur un petit plateau. Sur les petits plateaux, les singes ne peuvent saisir les croquettes qu'avec un ou deux doigts et non plus avec l'ensemble de la main.

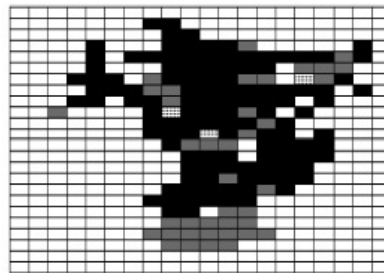
Après 12000 récupérations de croquettes pour chacun des groupes, les chercheurs ont établi les cartes motrices correspondant aux doigts, au poignet et à l'avant-bras (c'est-à-dire les territoires du cerveau activés lorsque les doigts, le poignet et l'avant-bras sont en mouvement).

Chez le singe araignée, les cartes motrices correspondant aux doigts, au poignet et à l'avant-bras se situent à l'intérieur du quadrillage ci-contre.

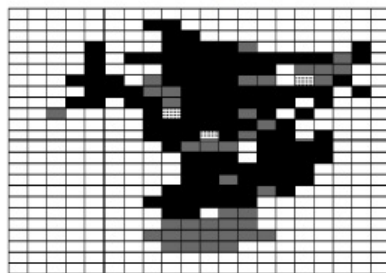
L'activation de chaque territoire de ce quadrillage, lorsqu'on réalise une IRM fonctionnelle (IRMf), est représentée ci-dessous.



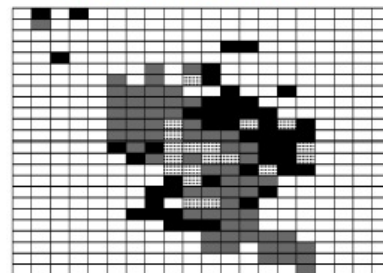
Résultats de l'IRMf d'un singe avant l'entraînement






Résultats de l'IRMf d'un singe entraîné sur un grand plateau



Résultats de l'IRMf d'un singe entraîné sur un petit plateau



-  territoires où les neurones sont actifs lorsque les doigts bougent
-  territoires où les neurones sont actifs lorsque le poignet et l'avant-bras bougent
-  territoires où les neurones sont actifs lorsque les doigts, le poignet et l'avant-bras bougent

D'après Frontiers in Human Neuroscience, Décembre 2013