

Sciences de la vie et de la Terre

Thème 3-B Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse

Table des matières

Du programme à sa mise en oeuvre.....	2
Un exemple de programmation	3
Mise en situation pédagogique : trois exemples	5
Des ressources bibliographiques :	
• ouvrages.....	10
• revues et périodiques	12
Des ressources sur Internet	
• sites pédagogiques	15
• sites scientifiques	16
• des logiciels et animations en ligne	17

Du programme à sa mise en œuvre

Le préambule de cette partie de programme (Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse) donne le cadre pédagogique : comment une observation clinique de réaction réflexe permet de tester l'intégrité du système neuro-musculaire.

Le problème du contrôle peut, lui, être formulé à partir d'observations de maladies neuro-dégénératives du système nerveux moteur mais aussi à partir des acquis de première sur l'organisation en aires du cerveau.

La plasticité des aires motrices peut être motivée par ce qui a été vu en première à propos de la vision mais aussi par l'observation de cas de récupération motrice.

La mise en relation des acquis de seconde ou de première S avec quelques faits comme des cas cliniques notamment, peut permettre d'introduire les trois problèmes scientifiques qui s'imposent dans cette partie de programme. La motivation du travail des élèves n'est pas à négliger, même en terminale S, car elle est le fil directeur de la recherche. Elle permet, par une présentation explicite des objectifs, la mise en œuvre de tâches complexes. Il ne faut donc pas hésiter à présenter des documents nouveaux, mis en perspective avec les acquis des élèves, dont de l'imagerie scientifique voire des résultats expérimentaux durant la phase de motivation (situation de départ) de la démarche.

1. Thème 3-B1 le réflexe myotatique, un exemple de commande réflexe du muscle

Les notions de capteur sensible à un stimulus spécifique, de centre nerveux intégrateur et de transmission d'information par les nerfs sensitifs et moteurs, enfin celle de boucle de régulation ont été établies en classe de seconde. En première S, la notion de circuit nerveux (système de récompense) constitué de neurones ainsi que celles de message nerveux acheminé au cerveau par le nerf optique, de sensibilité aux drogues ont permis de matérialiser l'existence de relations inter-neuroniques.

Ces notions permettent donc aux élèves de conceptualiser l'existence d'un capteur (intramusculaire, réflexe proprioceptif), d'un circuit neuronique, d'un centre nerveux et d'une communication entre le nerveux et le musculaire. Le fonctionnement synaptique effleuré en première S au travers d'une action des drogues sur le fonctionnement cérébral est installé en terminale S comme mécanisme permettant le fonctionnement des circuits neuroniques.

2. Thème 3- B2 De la volonté au mouvement

Le constat que le cerveau n'intervient pas directement dans l'accomplissement du réflexe myotatique peut permettre de proposer l'hypothèse qu'il contrôle des mouvements volontaires que l'on pourra mettre en perspective avec l'activité dite réflexe. La recherche d'aires motrices cérébrales par analogie avec des aires sensibles vues en première S et/ou par l'observation de cas cliniques d'atteinte cérébrale et médullaire décrivant des paralysies est tout à fait possible.

L'activité et l'organisation des chaînes neuroniques est à considérer comme le mécanisme cellulaire qui va permettre d'expliquer le fonctionnement de l'organisme avec l'unité motrice (une fibre musculaire reliée à un seul neurone innervant lui-même plusieurs fibres).

3. Thème 3- B3 Motricité et plasticité cérébrale

La plasticité des aires sensibles (aires visuelles, aires de reconnaissance visuelle) est connue depuis la classe de première S et une entrée par la rééducation fonctionnelle d'accidentés ou de malades ayant eu un AVC permet très facilement de faire apparaître le concept de plasticité cérébrale motrice. La diversité individuelle est montrée comme le résultat de la diversité des apprentissages (de faible à intensif) et non comme une base génétique intangible (inné).

Un exemple de programmation

Le Thème 3-B peut être traité sur 4 à 6 semaines (la totalité du thème 3 portant sur 33% de l'année scolaire) sur la base de trois problèmes scientifiques.

Le document rédigé ci-dessous ne donne pas le détail de l'organisation des travaux pratiques et des cours mais propose une piste de démarche, une programmation d'activités, ainsi que les objectifs de formation en terme de capacités à faire acquérir (cf capacités et attitudes définies dans les programmes de lycée). Des activités possibles des élèves sont listées, mais, le travail du professeur n'est pas détaillé, selon le principe de la liberté pédagogique.

On pourra se reporter aux exemples de tâches complexes qui se trouvent plus loin dans le document pour entrer dans des démarches pédagogiques précises.

3B1 - Comment l'observation d'un réflexe renseigne sur l'intégrité du système neuro-musculaire.

Sem	Pistes de démarche et activités possibles des élèves	Objectifs de formation
<i>Possibilité d'une démarche d'investigation destinée à montrer que le message nerveux parcourt une chaîne neuronique.</i>		Pratiquer une démarche scientifique
1 2	<ul style="list-style-type: none"> • Réalisation d'une activité d'ExAO sur le réflexe myotatique • Observation microscopique de différentes structures (neurones médullaires et ganglionnaires, neurones dissociés, neurones en cultures, CL de nerf rachidien,...) • Construction d'un schéma de l'arc réflexe comprenant les structures histologiques, la synapse interneuronique et la plaque motrice (synapse neuro-musculaire). • Rédaction d'un commentaire explicitant le schéma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Percevoir le lien entre science et technique • Manipuler, expérimenter • Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : <ul style="list-style-type: none"> - schéma ; - commentaire scientifique.
<i>Possibilité d'une démarche destinée à montrer la nature et le codage du message nerveux permettant d'expliquer l'adaptation des réactions motrices.</i>		Pratiquer une démarche scientifique
3	<ul style="list-style-type: none"> • Enregistrements ExAO de potentiels complexes de nerf – variation d'IS afin de comprendre la sommation. <i>Pas de double choc ni de période réfractaires.</i> • Etude de documents montrant le codage en fréquence au niveau neuronique (mis en relation avec le potentiel global du nerf) ou utilisation d'un logiciel de simulation • Réalisation d'un commentaire bilan sur le fonctionnement de la synapse neuro-musculaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipuler, expérimenter • Organiser des informations ou • Exploiter des résultats en utilisant les TICE • Communiquer dans un langage scientifiquement approprié

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

3B2 - Comment les neurones des centres nerveux permettent la réalisation de mouvements volontaires.

Sem	Activités possibles des élèves	Objectifs de formation
4	<ul style="list-style-type: none">• Exploration fonctionnelle du cerveau par l'exploitation de données d'imagerie numérique (banque Neuropeda).• Etude de cas de malades à troubles moteurs.• Enrichissement du schéma de l'arc réflexe en figurant la commande motrice volontaire.• Exploitation de données sur le fonctionnement du motoneurone médullaire pour établir la notion d'intégration et celle d'unité motrice	<ul style="list-style-type: none">• Exploiter des résultats en utilisant les TICE (logiciel eduanatomist)• Organiser des informations• Communiquer dans un langage scientifiquement approprié• Comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes (act. réflexe ou volontaire)

3B3 - Comment les capacités motrices individuelles évoluent avec les apprentissages.

Sem	Activités possibles des élèves	Objectifs de formation
5	<ul style="list-style-type: none">• Exploitation de documents sur la récupération motrice suite à accidents ou accidents vasculaires cérébraux• Exploitation d'imagerie fonctionnelle du cortex• Réalisation d'un commentaire argumenté sur l'acquis et l'apprentissage	<ul style="list-style-type: none">• Être conscient de sa responsabilité face à la santé• Percevoir le lien entre sciences et techniques.• Manifester sens de l'observation, curiosité, esprit critique.• Communiquer dans un langage scientifiquement approprié

Mise en situation pédagogique : trois exemples

1. Pistes pour une motivation du Thème 3-B2 De la volonté au mouvement

Dans cette situation, le réflexe myotatique a été vu préalablement et le rôle de la moelle épinière, centre nerveux du mouvement réflexe, a été détaillé. La mobilisation des acquis de la classe de quatrième sur le cerveau, centre nerveux ayant la capacité d'analyse de messages sensitifs et d'élaboration de messages nerveux moteurs, sans doute sous la forme d'un schéma fonctionnel, est nécessaire. D'autre part, en première S, les études d'imagerie fonctionnelle ont montré l'activation d'aires corticales lors de la vision notamment ou lorsque la mémoire est sollicitée.

L'imagerie fonctionnelle est donc nécessaire à cette motivation qui pourrait placer en préambule le cerveau au centre de la préoccupation de ce sous-thème.

Un exemple d'image d'IRM d'un sujet en train de lire à haute voix permettrait :

- de remobiliser les acquis sur les aires sensorielles visuelles ;
- de montrer l'existence d'une aire spécialisée, liée à la motricité du langage, l'aire de Broca ;
- de poser des questions comme:
 - quelle est l'organisation motrice du cerveau : existe-t-il des aires motrices spécialisées pour chaque mouvement ? chaque partie du corps ?
 - où vont (où se connectent) les neurones moteurs issus du cerveau ?

Il peut aussi être intéressant de partir de représentations artistiques du rôle du cerveau (relation avec l'Histoire des Arts), d'abord connu des élèves comme lieu de la réflexion :

- des représentations supposées du cerveau par Michel Ange dans le plafond de la Chapelle Sixtine qui peut intriguer les élèves. Voir le Site de visite virtuelle de la chapelle Sixtine http://www.vatican.va/various/cappelle/sistina_vr/index.html et l'interprétation (Royal Society of Medicine) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC539666/?tool=pubmed>
- des représentations artistiques du cerveau comme :
 - <http://www.flowersway.com/visite/le-cerveau-bruno-peinado-535> ou
 - <http://www.sobookonline.fr/creations-numeriques-ebooks/art-le-travail-de-brian-dettmer-sur-les-livres/>

De ce cerveau vu globalement comme un centre « de réflexion et d'accumulation de savoirs », il faut passer à un cerveau responsable de la commande volontaire du mouvement : c'est l'objectif de la motivation.

La motivation de cette partie doit aussi poser la question de la relation qui existe entre le cerveau et la moelle épinière afin que les élèves n'imaginent pas qu'il existe des voies indépendantes, l'une qui serait affectée à la commande de réactions réflexes et l'autre qui serait dévolue à l'activité volontaire.

Ainsi la question suivante mérite certainement aussi d'être posée : les neurones du cerveau vont-ils au niveau des organes ou sont ils connectés aux neurones médullaires ?

2. Des exemples de tâches complexes

Thème du programme : 3B1 – Le réflexe myotatique, un exemple de commande réflexe du muscle – Premier exemple de tâche complexe

Objectif : Identifier le centre nerveux intervenant dans le réflexe myotatique.

Pré-requis :

En quatrième, au collège, les élèves ont acquis que « La commande du mouvement est assurée par le système nerveux qui met en relation les organes sensoriels et les muscles. Un mouvement peut répondre à une stimulation extérieure, reçue par un organe sensoriel : le récepteur. Le message nerveux sensitif

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

correspondant est transmis aux centres nerveux (cerveau et moelle épinière) par un nerf sensitif. Les messages nerveux moteurs sont élaborés et transmis par les centres nerveux et les nerfs moteurs jusqu'aux muscles : les effecteurs du mouvement. »

Motivation possible :

Un test réflexe réalisé par le médecin (présentation de photos, d'une vidéo) montre le mouvement en réponse à un choc sur le tendon interprété comme une réaction à l'élongation du muscle permettant, dans le fonctionnement habituel de l'organisme, le maintien d'une posture. La présentation d'un document anatomique doit permettre de dire que l'élongation du muscle provoque sa propre contraction.

La question du parcours du message entre la stimulation et la réponse motrice semble essentielle: les élèves pourraient alors être invités à formuler des hypothèses sur le trajet du message nerveux :

- le message nerveux part du récepteur et circule dans le muscle soléaire ;
- le message nerveux sensitif est envoyé à la moelle épinière et un message moteur revient au muscle qui se contracte ;
- le message nerveux sensitif est envoyé au cerveau et un message moteur revient au muscle qui se contracte.

La première hypothèse pourrait être réfutée rapidement car en contradiction avec leurs acquis. Une démarche de nature expérimentale peut s'engager avec utilisation de l'ExAO.

Consignes données aux élèves :

On cherche à savoir si le message nerveux sensitif obtenu par la stimulation est envoyé à la moelle épinière ou s'il remonte jusqu'au cerveau.

On utilise un dispositif d'expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) permettant d'enregistrer la réponse électrique du muscle lors de la stimulation mécanique de son tendon.

On dispose du matériel suivant :

- un ensemble ExAO avec les capteurs (électrodes) à fixer sur le muscle pour mesurer son activité électrique ;
- une fiche technique de réalisation du montage et de la stimulation du sujet ;
- la vitesse du message nerveux dans l'organisme : environ $50\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- un mètre à ruban permettant de mesurer des longueurs sur l'élève cobaye ;

Réaliser l'enregistrement électrique du muscle recevant le choc mécanique sur son tendon (muscle du mollet) en suivant les indications de la fiche technique. En utilisant l'enregistrement ExAO, proposer une méthode permettant de valider l'une ou l'autre des deux hypothèses.

Vous annoterez l'enregistrement et rédigerez une argumentation fondée sur les mesures de vitesse calculées selon l'une et l'autre des deux hypothèses.

Références de documents utilisables :

- Fiche technique du montage expérimental de l'enregistrement du réflexe myotatique <http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/refmyo/activ-musc.htm>
- Donnée utilisable : la vitesse moyenne de circulation des messages nerveux est de $50\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Capacités évaluées :

- Manipuler et expérimenter.
- Organiser des informations.
- Pratiquer une démarche scientifique (... , expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser).
- Communiquer dans un langage scientifique approprié : commentaire argumenté.

Modalités de travail

Les élèves travaillent par groupe de 2.

Pistes d'aide :

- **Sur l'enregistrement ExAO de l'activité électrique du muscle du mollet, mesurer** le temps (t en ms) séparant le choc (t_0 du graphique) de la réponse du muscle.
- **Calculer** la distance théorique parcourue par le message nerveux compte tenu de sa vitesse
- **Comparer** la distance obtenue à celle mesurée allant du récepteur, à l'un des deux centres nerveux possibles puis revenant jusqu'au muscle.

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

Thème du programme : 3B1 – Le réflexe myotatique, un exemple de commande réflexe du muscle – Second exemple de tâche complexe

Objectif: Identifier les structures qui permettent la circulation du message nerveux durant le réflexe myotatique.

Pré-requis :

Collège (4^e) : La perception de l'environnement et la commande du mouvement supposent des communications au sein d'un réseau de cellules nerveuses appelées neurones.

Lycée, terminale S : la moelle est le centre nerveux mis en jeu dans le réflexe myotatique.

Motivation possible :

On peut présenter des cas d'individus paralysés et/ou insensibles suite à des lésions de la moelle épinière montrant qu'elle est nécessaire à la communication des messages nerveux mais aussi des images de cultures cellulaires montrant les prolongements et l'établissement de contacts entre neurones (site SVT Nancy : <http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/labo/Cultures/celembry.htm>).

Cette mobilisation d'acquis et des données citées ci-dessus permet d'arriver à l'idée que ce sont des neurones qui, stimulés et communiquant entre eux, sont responsables de l'activité réflexe.

Consignes données aux élèves :

On cherche à identifier, localiser et dénombrer les neurones intervenant dans l'arc réflexe en observant des coupes histologiques et en prenant en compte des résultats expérimentaux (expériences de Magendie).

On dispose outre des préparations de moelle et de nerf, du compte-rendu des expériences de Magendie, d'un fond de schéma figurant la moelle en coupe et le trajet du nerf et des images permettant l'identification sur le site de l'académie de Rennes (cf plus loin).

A partir de l'observation des préparations fournies et des résultats des expériences de Magendie, représentez :

- les neurones repérés dans la moelle épinière et dans le ganglion spinal,
- sur le fond de schéma fourni, la moelle en coupe ainsi que les nerfs rachidiens, et l'esquisse d'une chaîne neuronique expliquant le réflexe myotatique.

NB la représentation des neurones peut être obtenue par dessin ou photographie numérique.

Références de documents et sites internet utilisables :

- Texte des expériences de Magendie :

François Magendie (1784-1855), l'un des pionniers de la physiologie expérimentale en France, fut le premier à mettre en évidence le rôle des racines rachidiennes. Un extrait de son journal, publié en 1822, relate ses premières expérimentations chez le Chien.

« Depuis longtemps, je désirais faire une expérience dans laquelle je couperais sur un animal les racines postérieures des nerfs qui naissent de la moelle épinière (...) J'eus alors sous les yeux les racines postérieures des paires lombaires et sacrées et, en les soulevant successivement avec les lames de petits ciseaux, je pus les couper d'un côté, la moelle restant intacte. J'ignorais quel serait le résultat de cette tentative (...) et j'observais l'animal ; je crus d'abord le membre correspondant aux nerfs coupés entièrement paralysé ; il était insensible aux piqûres et aux pressions les plus fortes ; il me paraissait immobile, mais bientôt, à ma grande surprise, je le vis se mouvoir d'une manière très apparente, bien que la sensibilité y fut toujours tout à fait éteinte. Une seconde, une troisième expérience me donnèrent exactement le même résultat (...) Il se présentait naturellement à l'esprit de couper les racines antérieures en laissant intactes les postérieures (...) Comme dans les expériences précédentes, je ne fis la section que d'un seul côté, afin d'avoir un terme de comparaison. On conçoit avec quelle surprise je suivis les effets de cette section. Ils ne furent point douteux : le membre était complètement immobile et flasque tandis qu'il conservait une sensibilité sans équivoque. Enfin, pour ne rien négliger, j'ai coupé à la fois les racines antérieures et postérieures : il y eut perte absolue de sentiment et de mouvement. »

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

- **Site internet pour retrouver les légendes des observations microscopiques :**
<http://dnb35.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/nerf/nerf.htm>
<http://dnb35.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/moelle/moelle.htm>

Capacités évaluées :

- Pratiquer une démarche scientifique (observer, ..., expérimenter)
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : ..., écrit, graphique, ...

Modalités de travail

Les élèves travaillent par groupe de 2.

Pistes d'aide :

- **observer** au microscope la coupe histologique de la moelle épinière et **localiser** les corps cellulaires des neurones en s'aidant des photos disponibles sur le site internet ;
- **dessiner (ou photographier)** les corps cellulaires trouvés respectivement dans la moelle et dans le ganglion spinal ;
- **observer** la coupe longitudinale du nerf, **identifier** les axones dans les fibres ;
- **localiser** les neurones moteurs et sensitifs à partir des observations de Magendie ;
- **tracer** sur le fond de schéma fourni les neurones identifiés en figurant leurs prolongements ;
- **identifier** la zone de synapse possible entre les neurones figurés.

Rq1 : les corps cellulaire d'un neurone est la partie cytoplasmique située autour du noyau avec le départ des prolongements.

Rq2 : le fuseau neuromusculaire et la plaque motrice ne sont ni identifiés ni observés dans cette activité.

Thème du programme : 3B3 - Motricité et plasticité cérébrale – Troisième exemple de tâche complexe

Objectif : Comprendre que même si des différences dues à l'expression de gènes existent, l'organisation fonctionnelle de l'aire motrice est sous la dépendance de facteurs environnementaux.

Pré-requis :

Les notions des thèmes 3-B-1 et 3-B-2 ont été traitées.

En 1^{ère}, les travaux ont montré que tout apprentissage demande une certaine plasticité cérébrale, entre autre dans le domaine de la lecture.

Motivation possible :

Un vidéogramme montrant la perte de motricité suite à un accident médullaire ou à une lésion cérébrale, un tennisman ou un pianiste virtuose, des personnes âgées chez lesquelles les mouvements sont moins nombreux, peut être utilisé afin d'introduire l'idée de la plasticité cérébrale avec ses capacités de remaniement par l'entraînement.

Consigne donnée aux élèves :

On cherche à comprendre comment le cerveau moteur est organisé et s'il peut se réorganiser.

Exploiter les informations contenues dans les documents fournis pour localiser les zones motrices du cerveau, en relation avec leur(s) fonction(s) puis montrer comment l'apprentissage ou la rééducation provoquent la réorganisation de ces zones.

On attend un schéma légendé de localisation et un commentaire synthétique portant sur la réorganisation fonctionnelle motrice du cerveau.

Références de quelques documents utilisables (prévoir de donner aux élèves des extraits de certains de ces documents)

- Document sur un témoin physiologique du vieillissement cérébral (test de réponse du cortex selon l'âge du sujet)
http://cheron.be/doc/Science_et_Sports%20Cheron%20et%20Bengoetxea.pdf;

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

- Documents sur la récupération suite à AVC, amputation :
 - Réorganisation cérébrale après une greffe de deux mains suite à une amputation accidentelle. Extraire la partie montrant le déplacement de la zone active dans l'aire motrice et les images d'IRM avant et après la greffe.
<http://www.cnrs.fr/cw/fr/pres/compress/ReorgCerebrale.htm>
 - Réorganisation suite à des AVC : Extraire les images des toiles du peintre après AVC et le texte du cas n°2. Document en ligne : <http://zssky.tripod.com/id10.html>
 - Document sur la récupération (exceptionnelle) d'un patient ayant subi un AVC grave provoquant le **Locked-in syndrome** (syndrome d'enfermement) .
http://rms.medhyg.ch/article_p.php?ID_ARTICLE=RMS_241_0633
 - Document sur l'aphasie de Broca :
http://accs.inrp.fr/accs/ressources/neurosciences/neuro_apprentiss_2/cas_langage/cas_1/cas1
- Documents sur la cartographie anatomique et fonctionnelle des aires motrices et leur plasticité :
 - Site : http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_06/i_06_cr/i_06_cr_mou/i_06_cr_mou.html
 - Articles de revues « une empreinte dans le cortex des violonistes » :
<http://www.larecherche.fr/content/recherche/article?id=21649>
 - Document sur la variabilité individuelle des aires motrices :
http://accs.inrp.fr/accs/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimageri/test-architecture-neuropeda/fiches-pedagogiques/1-irm/1-3-imagerie-fonctionnelle/1-3-1-sensibilite-motricite/1-3-1-1-motricite/

Ce document est à utiliser en relation avec le logiciel EDUANATOMIST et la banque Neuropeda :



Ouvrir depuis le poste local (banque sur disque dur), puis :

NEUROPEDA/ 1IRM / 3fnc / 1sensorimoteur/ 1motricite / IRMsujet13112anat.img

Refaire le même chemin en choisissant à la fin :

IRMsujet13112fonctionMotriciteMainDroiteVersusGauche.impg (image fonctionnelle)

Voir fiches techniques (et protocole) élaborées sur le site SVT de l'académie de Lyon.

Capacités évaluées :

- Recenser, extraire et organiser des informations.
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié : écrit, numérique.
- Percevoir le lien entre sciences et techniques

Modalités de travail

Les élèves travaillent par groupe de 4.

Chaque groupe travaille sur :

- un extrait de document montrant un cas de récupération,
- le site « Le cerveau »,
- la banque Neuropeda utilisée avec le logiciel Eduanatomist pour travailler sur de l'imagerie fonctionnelle.

On attend de l'élève la production d'un schéma du cerveau localisant les aires motrices et montrant l'inversion motrice corticale. La production sera accompagnée d'un commentaire synthétique portant sur la réorganisation des aires suite à l'apprentissage, l'entraînement, la rééducation motrice, la vieillesse.

Des ressources bibliographiques

1. Ouvrages

Ouvrages essentiels *

La plasticité de la fonction motrice*

Ouvrage sur la plasticité de la fonction motrice et la réadaptation motrice traitant des aspects historiques, de la flexibilité de l'architecture neuronale, de la neuroplasticité selon l'âge, de la plasticité musculaire, de la plasticité et l'activité physique, de la récupération motrice après un AVC,... L'idée centrale est que le renforcement des muscles et le reconditionnement physique sont essentiels à la rééducation neuromotrice, dans la mesure où l'activité est bien à la fois résultat et le média de la plasticité.

Auteur : Jean-Pierre Didier, Edition Springer - 2009 - 476 pages – environ 70 euros

La neuroplasticité *

L'ouvrage insiste sur l'extraordinaire plasticité du cerveau : récupération spectaculaire après lésions, réorganisation d'aires spécialisées lors d'apprentissage « pointu » (exemple de l'adaptation des zones de commandes de la main chez le violoniste), production de nouveaux neurones jusqu'à un âge avancé, etc. Les théories de l'apprentissage font appel maintenant au Darwinisme.

Auteurs : Maryline COQUIDE (IUFM) ouvrage collectif, Edition Vuibert -2007- 20 euros

Neurophysiologie : De la physiologie nerveuse à l'exploration fonctionnelle *

Ouvrage sur le fonctionnement du neurone, la synapse, le traitement sensoriel (dont le système visuel), la motricité et son contrôle, la vigilance, les fonctions supérieures (dont le langage, la mémoire).

Commentaire : Des schémas en couleur très lisibles, un texte clair. Un ouvrage abordable en contenu et en prix.

Auteurs : Jean-François VIBERT | Alain SEBILLE | Marie-Claude LAVALLARD-ROUSSEAU | François BOUREAU | Edition ELSEVIER / MASSON, collection Campus Illustré – 219 pages - 20 euros

Bases neurophysiologiques du mouvement *

La première partie de l'ouvrage traite des cellules : du neurone aux unités motrices. Les connexions sont ensuite traitées avec le niveau médullaire (mono ou plurisynaptique), le niveau musculaire et les différents types de réactions. Les structures cervicales sont ensuite étudiées puis les contrôles posturaux, la locomotion enfin les désordres moteurs.

Auteur : M.L. Latash, (2002) *Edition De BOECK Université*

Neurosciences *

Ouvrage de référence accompagné d'un CDROM présentant l'anatomie du système nerveux sous forme de modèles et de coupes. Les thèmes traités vont de l'organisation du système nerveux à la mémoire en passant par les maladies neuro-dégénératives.

Auteur : Dale Purves - De Boeck Supérieur, 2005 - 840 pages

Ouvrages généraux

Anatomie et physiologie humaine

Ouvrage de référence sur l'anatomie et la physiologie. Il présente les contenus de façon claire et les interrelations entre les différents systèmes de l'organisme, l'homéostasie et la complémentarité entre la structure et la fonction.

Commentaire : Ouvrage important, de référence. Belle iconographie.

Auteur : E.N. Marieb, Katja Hoehn - 8^{ème} édition 2010– *Edition Pearson Education – 1293 pages*

Cerveau et comportement

L'ouvrage de neurophysiologie qui traite des bases neurophysiologiques des comportements, de l'origine du cerveau à son développement en passant par la communication entre les neurones Les chapitres sont

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

organisés autour de problèmes scientifiques comme « Comment voyons-nous le monde » ou encore « Comment le cerveau produit-il le mouvement »

Auteurs : Bryan Kolb, Ian Q. Whishaw , Edition De Boeck Supérieur, 2002 - 672 pages - 60 euros

Neurophysiologie - Organisation et fonctionnement du système nerveux

Le système nerveux est un système de communication intercellulaire. Principes généraux de fonctionnement des systèmes sensoriels. La vision. L'audition. La somesthésie. La sensibilité chimique. Le système vestibulaire. Le muscle squelettique. La moelle épinière est un centre réflexe. La moelle épinière est le siège d'activités automatiques. Le contrôle nerveux de la posture fait intervenir les centres du tronc cérébral. Le contrôle nerveux du mouvement volontaire est assuré par le néocortex. Le cervelet contrôle l'exécution des activités motrices. Les noyaux gris de la base. Les fonctions végétatives. Le sommeil et l'activité onirique. Apprentissage et mémoire. Le développement du système nerveux. Sujets de synthèse. Annexes.

Auteurs : Daniel Richard, Didier Orsal Sciences Sup, Dunod 2007 - 3ème édition - 544 pages – 50 euros

Neuroanatomie

Ouvrage de médecine qui comporte un mini atlas de coupes du cerveau.

Auteurs : James D. Fix Traduction : Antoine Dhem - Editeur De Boeck –nouvelle éd.2012 – 23 euros

Neuroanatomie

Ouvrage de médecine comportant des schémas anatomiques et des commentaires cliniques. Destiné aux étudiants en médecine et au paramédical.

Auteurs : Alan-R Crossman, David Neavy - Edition Elsevier Masson, 2004 - 174 pages – 36 euros

Mouvement et cerveau

L'ouvrage porte sur le lien entre la pratique sportive et la neurophysiologie : les problèmes posés au système nerveux par la pratique sportive sont traités puis l'organisation de la motricité et la régulation nerveuse des gestes sportifs. Ouvrage destiné aux étudiants STAPS, entraîneurs.

Auteur : Christian Collet, Jacques Paillard – *Edition De BOECK Université - 2002*

Physiologie humaine. Les mécanismes du fonctionnement de l'organisme

Ouvrage fondamental en physiologie humaine. Illustration très soignée.

Commentaire : Cet ouvrage est une référence mais n'est pas adapté à un usage ponctuel

Auteurs : P. Widmaier, H.Raff, K. Strang, Jean-Luc Pradel (Traduction) – Edition Maloine – 2009 – 888 pages

2. Revues ou périodiques

Articles classés par revue et par date de publication (* : articles essentiels)

LES GENIES DE LA SCIENCE

N°37 NOVEMBRE 2008 Le cerveau selon Charcot

Dans les années 1870, Charcot, célèbre pour ses travaux neurologiques, s'attaque à la recherche des localisations cérébrales. Par ce sujet au centre de l'actualité scientifique, il amorce le tournant psychophysiologique de son œuvre.

Cet article est intéressant car il présente l'évolution des conceptions sur le cerveau depuis Charcot jusqu'à aujourd'hui.

Commentaire : L'intérêt est de montrer la progressivité des découvertes et des conceptions à propos du cerveau.

CERVEAU ET PSYCHO

N°31 JANVIER 2009 L'entraînement cérébral : une imposture intellectuelle

La fameuse méthode de rajeunissement cérébral, médiatisée et commercialisée à grand renfort de publicité, n'a aucun effet positif notable sur les capacités de raisonnement ou de mémoire.

Commentaire : L'article montre qu'aucune preuve n'est apportée sur les bienfaits de l'utilisation des consoles de jeux vendues pour faciliter la mémorisation

N°20 AVRIL 2007 Un marionnettiste cérébral

Les mouvements sont contrôlés par deux zones cérébrales : le cortex moteur et les ganglions de la base. Qui tire vraiment les ficelles ?

L'article présente la conception ancienne sur les zones cérébrales à l'origine de la réalisation d'un mouvement et les conceptions actuelles.

Commentaire : L'article peut permettre de prendre connaissance des modifications des connaissances dans le domaine de la motricité ou de montrer l'évolution des idées scientifiques.

POUR LA SCIENCE

N°406 AOUT 2011 Le cerveau caché de Michel Ange

Michel-Ange aurait caché la représentation d'un encéphale humain en CL et en vue de dessous dans les peintures du plafond de la chapelle Sixtine.

Commentaire : L'article peut être une motivation par l'histoire des sciences, du chapitre sur la motricité volontaire.

N°372 OCTOBRE 2008 La danse du cerveau.

L'article précise les relations entre cortex moteur primaire et réalisation d'un mouvement, quelques schémas simples sont présentés sur les relations cervelet/cortex moteur primaire/thalamus. Les liens sont faits avec les aires sensitives.

Commentaire : L'article est à la fois une source d'informations simples sur les mécanismes de la motricité. Certains schémas peuvent être utilisés en classe après simplification.

N°338 DECEMBRE 2005 * Le cerveau magnétique en images.

L'article présente la technique de la magnétoencéphalographie. Des résultats sont donnés sur l'activité du cerveau quand un sujet attrape une balle. Deux documents simples présentent les transformations des aires corticales chez une personne qui a perdu une main (aire somato-sensorielle) et chez un violoniste. La revue explique simplement les techniques d'imagerie médicale.

La magnétoencéphalographie met en images l'activité des neurones grâce au faible champ magnétique qu'ils engendrent. L'étude de la plasticité des représentations du corps dans le cortex illustre la puissance de cette forme d'imagerie quand elle est combinée à l'imagerie anatomique cérébrale.

Commentaire : Cet article est une ressource de quelques images scientifiques, issues de l'imagerie médicale, pouvant servir de données pour le travail des élèves.

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

N°323 SEPTEMBRE 2004

Trois articles de remise en place des notions : « la myéline et la sclérose en plaques » ; « les nœuds de Ranvier, le secret d'une conduction rapide » et « la moitié oubliée du cerveau » qui montre le rôle des cellules gliales et leur moyen de communication.

Commentaire : Les trois articles peuvent servir de remises à niveau dans le domaine des connaissances sur le neurone et la propagation des potentiels d'action.

Certaines informations sur la maladie d'Alzheimer peuvent être utilisées comme motivation d'activité.

N°322 AOUT 2004 La structure du cerveau humain

Des techniques de visualisation du cerveau sont comparées.

Les techniques sont utilisées aussi pour montrer l'évolution du cerveau dans le genre Homo, et au sein des primates.

Commentaire : L'article est un apport d'informations pour l'enseignant. Les images montrant le peu de variations des lobes frontaux chez des Homo heidelbergensis, des H. néandertalensis et des H. sapiens peuvent être utilisées dans un autre chapitre.

LA RECHERCHE

N°451 AVRIL 2011 * L'anesthésie change notre représentation du corps

L'anesthésie d'un membre modifie la perception que nous en avons. Une découverte qui pourrait aider à traiter les douleurs dites fantômes chez les personnes amputées.

Commentaire :

L'article donne des informations sur les soins possibles des douleurs des amputés : l'amputation entraîne une diminution de l'aire motrice au profit des aires de sensibilité d'où la douleur accrue ; la rééducation, remodèle les aires et la douleur diminue.

N°449 FEVRIER 2011 Le rôle inattendu de la matière blanche

Les neurobiologistes ont peut-être sous-estimé le rôle joué par la matière blanche cérébrale dans l'apprentissage. Une série d'études récentes montrent son étonnante plasticité.

Commentaire : L'article est un apport d'informations sur les cellules du tissu nerveux.

N°448 JANVIER 2011 Dépendance et plasticité

Une expérience a permis pour la première fois de lier la dépendance aux drogues à une modification cérébrale : il s'agit d'une perte de plasticité neuronale, qui empêcherait les sujets de contrôler leur consommation.

Commentaire : l'article peut être utilisé en prolongement des connaissances de 1^{ère} sur les drogues en liaison avec la plasticité..

N°40 (Les dossiers de la Recherche) AOUT 2010* Le cerveau, comment il se réorganise sans cesse.

Commentaire : L'article est un apport d'informations sur la plasticité cérébrale.

N°110 JUILLET/AOUT 2007 * Spécial cerveau

Synapses à géométrie variable : les modifications du fonctionnement de la synapse au cours de la croissance et le rôle des astrocytes sur les synapses est présenté.

Quand la matière grise repousse : des images par TEP sur les effets de l'alcool sur le fonctionnement du cerveau, utilisables en classe.

Commentaire : Le numéro constitue un apport d'informations sur le cerveau humain, en particulier sur la plasticité cérébrale.

N°22 (Les dossiers de la Recherche) FEVRIER 2006 La mémoire, comment notre cerveau apprend, se souvient et oublie.

Commentaire : L'article est un apport d'informations sur l'apprentissage.

DOCUMENTS DE TRAVAIL – MAI 2012

N°388 JUILLET/AOUT 2005 * L'enfant et son développement

La turbulente dynamique de la matière grise : des images par IRM montrent l'évolution du cortex de la naissance à l'âge adulte. La maturation du cerveau : schémas en quatre étapes de la maturation du cerveau de la naissance à 12 ans.

Commentaire : L'article est un apport d'informations pour l'enseignant à propos de l'évolution du cortex cérébral de 4 à 21 ans. Une discussion est conduite sur la part de l'environnement et celle de la génétique dans ce développement.

N°374 AVRIL 2004 Un pacemaker pour le cerveau

En biologie, stimulation électrique égale excitation. Pourtant, il y a une quinzaine d'années, des neurochirurgiens français ont découvert qu'avec des électrodes il est possible de désactiver les zones du cerveau responsables des symptômes de la maladie de Parkinson. Quelle est l'explication du phénomène? Chaque équipe y va de sa théorie.

Commentaire : L'article éclaire certains aspects de la motricité à travers une proposition de traitement de la maladie de Parkinson, à destination de l'enseignant.

N°366 JUILLET 2003 * Les mains dans la tête

Il y a un peu plus de trois ans, un homme amputé bénéficiait d'une greffe des deux mains, après quatre ans d'amputation : une première médicale. Il a depuis retrouvé une bonne partie de son habileté et de ses sensations : son cerveau s'est progressivement reconfiguré pour prendre en compte ses nouveaux membres.

Commentaire : L'article présente le cas de la personne amputée des deux mains et greffée de deux mains. L'article peut être utilisé en motivation de chapitre, au sujet de la plasticité cérébrale.

N°289 JUILLET 1996 * Une empreinte dans le cortex des violonistes

Comment rendre compte des capacités d'adaptation dont le cerveau fait la démonstration à tout âge ? Des observations simples sur le cortex des violonistes apportent la preuve d'une étonnante plasticité : la stimulation répétée d'une partie du corps (en l'occurrence les doigts de la main gauche) entraîne une modification significative des zones de représentation sensorielle à l'intérieur du cerveau. Pour certains virtuoses, l'ampleur de ces modifications a une conséquence pathologique : la perte de la capacité à bouger séparément les doigts.

Commentaire : L'article donne des images d'imagerie fonctionnelle du cortex, facilement utilisable en classe, chez deux personnes l'une musicienne et l'autre pas.

L'illustration de la plasticité cérébrale est ainsi facilitée.

SCIENCES ET VIE

NOVEMBRE 2004 *

L'article traite de trois aspects du fonctionnement du cerveau : les modifications des états de conscience, avec un schéma bilan, la plasticité cérébrale illustrée aussi par un schéma bilan et la psychoneuro-immunologie.

Commentaire : L'article présente des schémas clairs qui peuvent être utilisés comme base pour des schémas à destination des lycéens

Des ressources sur Internet

1. Sites pédagogiques (* : sites à privilégier)

L'organisation d'un nerf *

<http://dnb35.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/nerf/nerf.htm>

L'élève peut zoomer et afficher des légendes d'un nerf en coupe transversale et longitudinale.

Conseil : à associer à une observation microscopique d'un nerf : l'élève peut placer lui même les légendes de son dessin ou photo numérique à l'aide du site.

L'organisation d'un centre nerveux : la moelle épinière *

<http://dnb35.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/moelle/moelle.htm>

Site très complet sur l'organisation de la moelle épinière. L'élève peut zoomer afin de localiser les corps cellulaires des neurones sensitifs et moteurs.

Conseil : à associer à une observation microscopique de la moelle épinière : l'élève peut placer lui même les légendes de son dessin ou photo numérique à l'aide du site.

L'enregistrement de l'activité électrique d'un nerf *

Présentation de la technique de préparation et d'enregistrement d'un potentiel global de nerf de Crabe.

http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/cartelec/cartelec_lyc/premiere_s/sys_nerf/neuro/neuro.htm

Diaporama sur le reflexe myotatique et l'innervation réciproque des muscles antagonistes

http://www4.ac-lille.fr/~svt/nveauxpgm/1S/diaporama_refmyo.htm

Permet de visualiser l'insertion des muscles sur la jambe et l'état de contraction des muscles antagonistes durant le reflexe achilléen.

Conseil : peut servir d'exercice de remédiation sur l'activité des muscles antagonistes lors du reflexe myotatique.

Enregistrer l'activité d'un muscle à l'aide d'un dispositif ExAO

<http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/refmyo/activ-musc.htm>

Description avec photo du protocole du montage de l'enregistrement ExAO. Visualisation des résultats et mesure de la vitesse de circulation du message nerveux.

Conseil : à utiliser en complément d'une activité ExAO

Site Vie Jussieu :

<http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/ncrabe/crabe.htm>

Protocole de l'enregistrement électrique global du nerf de crabe : une fois le nerf disséqué et placé sur les électrodes d'une table à nerf, les réponses à divers types de stimulations électriques peuvent être visualisées sur un écran d'oscilloscope ou avec un système d'ExAO.

Conseil : production d'une fiche technique à destination des élèves

2. Sites de ressources scientifiques

Phylogénie et évolution du système nerveux

<http://aces.inrp.fr/aces/ressources/neurosciences/phylogenie-et-evolution-du-systeme-nerveux/>

Une approche originale de la phylogénie pour les enseignants de SVT. Ce dossier comprend une mise au point scientifique accompagnée de ressources utilisables en classe. Plusieurs images IRM anatomiques permettent également de travailler sur le sujet en utilisant le logiciel EduAnatomist et la banque de données NeuroPeda.

Réorganisation cérébrale des régions motrices après une greffe des deux mains

<http://www.cnrs.fr/cw/fr/pres/compress/ReorgCerebrale.htm>

On sait que l'organisation du cortex cérébral est modifiée après une amputation. L'équipe de neuropsychologie de l'Institut des sciences cognitives (ISC) du CNRS à Lyon, en collaboration avec le Centre hospitalier universitaire de Saint-Etienne et l'Hôpital Edouard Herriot à Lyon a étudié, à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), la dynamique de la réorganisation corticale dans le cortex moteur d'un patient avant et après transplantation des deux mains. Ils ont montré que les mains greffées sont intégrées dans la représentation du schéma corporel et que la greffe a renversé l'organisation corticale précédemment induite par l'amputation.

Conseil : utiliser les images d'IRM fournies afin de construire une activité mettant en évidence la plasticité cérébrale du cortex moteur.

3. Des logiciels et animations en ligne (* les essentiels)

Nerf de Pierre PEREZ Lycée de Bagatelle Saint-Gaudens *

<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/lycee/perez/nerf/nerf.htm>

Le logiciel permet de comparer le potentiel de repos, le potentiel global et le potentiel d'action. Il permet aussi de visualiser la valeur de la différence de potentiel le long d'un potentiel d'action, de visualiser la transmission synaptique et de comprendre le codage du message nerveux dans une fibre ou dans un nerf.

Animations (sélectionner les animations pouvant être reliées au réflexe myotatique)

<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0027-3>

Animation flash sur le réflexe myotatique montrant le membre inférieur, les muscles, les nerfs, la moelle en coupe et l'effet du choc sur le tendon d'Achille : propagation d'un message et contraction du muscle extenseur.

Le réflexe myotatique de posture *

http://svt.ac-creteil.fr/archives/Media/Med1S/Refmyo/refmyo_WEB.htm

L'animation permet de visualiser des coupes (nerfs, moelle épinière, muscle) et de réaliser des sections et des stimulations afin d'identifier le sens du trajet des messages nerveux.

Conseil : les élèves peuvent réaliser des sections et stimulations pour identifier les trajets des messages sensitifs et moteurs dans les racines de la moelle épinière.

La synapse neuro-neuronique

<http://svt.ac-creteil.fr/archives/Media/Med1S/Synapse/synapse.htm>

Site de visualisation d'une synapse neuro-neuronique en MET. Animation très simplifiée d'une synapse. Visualisation du sens unidirectionnel du message nerveux dans une synapse.

L'organisation du système nerveux

<http://pedagogie.ac-amiens.fr/svt/info/logiciels/animneuro/anatomie/exo2.htm>

Ressources documentaires interactives sur l'organisation du système nerveux central et périphérique et exercice en ligne afin de valider ce que les élèves ont découvert.

Conseil : possibilité d'une utilisation libre par les élèves.

Animation en ligne de la synapse *

<http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/program/fichacti/fich1s/synap2/pages/synap.htm>

Animation simple du fonctionnement d'une synapse : arrivée du message nerveux, exocytose des neurotransmetteurs, fixation sur les récepteurs spécifiques, nouveau message nerveux et recapture des neurotransmetteurs.

EduAnatomist *

Adresse de téléchargement du logiciel et de la banque Neuropeda

http://acces.inrp.fr/acces/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimagerie/eduanatomist

http://acces.inrp.fr/acces/ressources/neurosciences/Banquedonnees_logicielneuroimagerie/test-architecture-neuropeda/images-1

Ce logiciel permet de visualiser le cerveau en 3D mais surtout de faire des études d'imagerie permettant entre autre de mettre en évidence les différentes aires corticales.

Commentaire : Des documents d'utilisation sont en ligne sur le site SVT de l'académie de Lyon.

Site biologie en flash :

<http://www.biologieenflash.net/sommaire.html>

Animations sur le système nerveux, les lobes du cerveau et le cerveau. Illustration du trajet du message nerveux permettant l'extension du pied dans le réflexe achilléen.