

## EXERCICES

### Questions de cours

#### Quizz (10 pts)

1/ Les neurones de l'homme véhiculent l'influx nerveux à une vitesse

- de :
- 0.1 km/h
  - 1 km/h
  - 4 à 400 km/h
  - 300 000 km/s

2/ Les neurones de l'homme peuvent atteindre une longueur de :

- 1m
- 10 cm
- 1cm
- 1mm

3/ Les neurones sont sensibles :

- à certains médicaments
- aux drogues
- au manque d'oxygène
- au manque de glucose.

4/ Les neurones ont leur noyau :

- dans les nerfs
- dans l'organe effecteur
- dans l'encéphale
- dans la moelle épinière

5/ Les neurones possèdent :

- des dendrites, des corps cellulaires et des axones
- un dendrite, un corps cellulaire et des axones
- un dendrite, des corps cellulaires et un axone
- des dendrites, un corps cellulaire et un axone.

**VRAI / FAUX.** Notez si les affirmations suivantes sont vrai ou fausses, et surtout expliquez pourquoi !

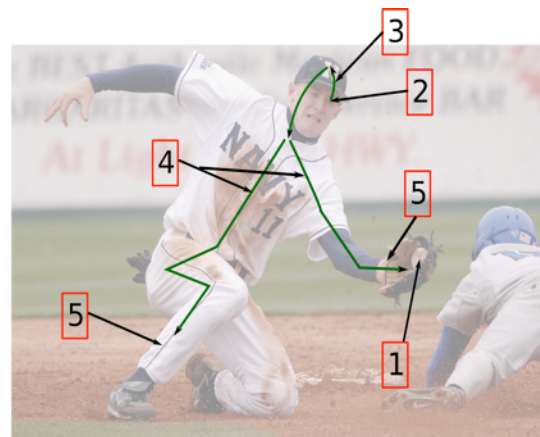
- A** - La moelle épinière et le cerveau sont des centres nerveux.
- B** - La destruction de la moelle épinière peut supprimer certains mouvements.
- C** - Un organe des sens est relié au cerveau par un nerf moteur.
- D** - L'alcool diminue le temps de réaction d'un automobiliste.

## Colles

### 1/ A l'oeil (4 pts)

En 1798, le chimiste Anglais J. Dalton publie un ouvrage nommé «Faits extraordinaires à propos de la vision des couleurs» ou il décrit la maladie dont il souffre et avance des hypothèses sur son origine. J. Dalton est en effet incapable de faire la différence entre le rouge et le vert. À partir de vos connaissances, quelles hypothèses pourriez-vous faire pour expliquer cette étonnante anomalie ?

### 2/ court-circuit (5 pts) - Doc Wikimedia / US navy / MN.



Ayant vu la balle (1) arriver, le receveur place son pied et sa main de façon à l'intercepter. Décrivez le circuit nerveux présenté ici, à partir du stimulus, jusqu'aux effecteurs. Pour quelle raison peut-on dire que le schéma présenté ici est très simplifié ?

### 3/ Acouphènes (3 pts)

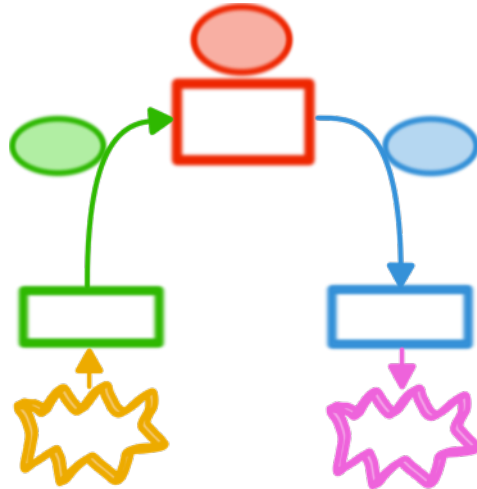
Il vous est sans doute déjà arrivé d'avoir «les oreilles qui sifflent». Ces sifflements portant le nom barbare «d'acouphènes». Mais comment se fait-il que vous puissiez entendre des sifflements que personne d'autre, autour de vous, n'entend ? Proposez une ou plusieurs hypothèses permettant d'éclaircir ce mystère.

### 3/ Généralisation (7 pts)

Complétez le schéma ci-contre de façon à faire apparaître, entre le stimulus (en bas à gauche) et la réponse, les différentes voies et étapes suivies par les messages nerveux.

(Doc MN)

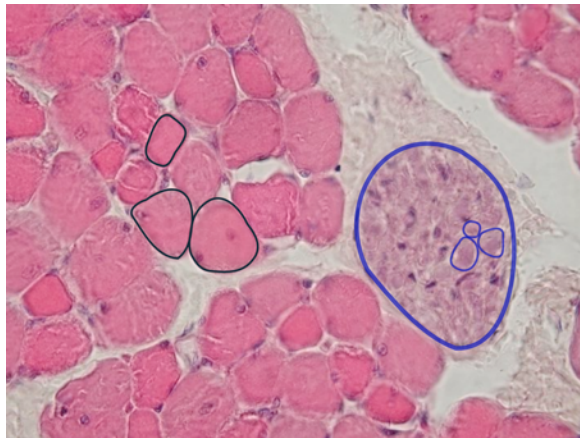
Que représentent les différentes couleurs vertes, rouge et bleu, choisies ?



## EXERCICES

### 1/ Repérages (6 pts)

La photo ci-dessous représente une coupe d'un muscle et d'un nerf, (entouré d'un trait bleu épais). C'est une coupe transversale (comme une baguette de pain coupée en rondelles), colorée et grossie environ 400 fois (Doc. [Wikimedia / Jagiellonian University Medical College](#)).



Quelles sont les structures rondes visibles à l'intérieur du nerf ?

Quelles sont les structures rondes visibles à l'intérieur du muscle ?

La communication entre nerf et muscle est-elle visible ici ? (Expliquez votre réponse).

### 2/ Les raisons du coeur (7 pts)

Le philosophe grec Aristote soutenait que la personnalité, la conscience résidaient non pas dans le cerveau, mais dans le coeur. Il se basait sur des observations, par exemple le fait que le rythme du coeur change selon les émotions que l'on ressent, alors que le cerveau ne semble être le lieu d'aucun changement lié aux émotions.

21 - Citez deux observations ou expériences montrant qu'Aristote était dans l'erreur.

22 - Malgré ses erreurs, Aristote était un scientifique d'une telle envergure, aux observations si étendues et à la logique si développée que son autorité a été reconnue pendant plus de 10 siècles. Ses erreurs sont même passées dans le langage commun: trouvez trois expressions françaises communes qui laissent (à tort) penser que c'est bien dans le coeur que se situe l'origine des émotions ou de la pensée.

### 3 / La grenouille sans tête (4 pts)

En 1730, S. Hales réalise sur une grenouille décapitée quelques observations troublantes :

- si il pince l'extrémité d'un membre de la grenouille, ce dernier se replie, comme cela se passe sur une grenouille «intacte» et vivante!
- si il détruit la moelle épinière de sa grenouille décapitée, alors le pincement du membre ne produit plus aucune réaction.

Quelles conclusions pouvez-vous tirer de cette observation et de cette expérience ?

### 4 / De l'électricité dans l'air ( 12 pts)

Vers 1750, le génial Albrecht von Haller avait découvert que les nerfs étaient à la base de la sensibilité, et avait noté les différences apparentes entre message nerveux et courant électrique. Le biologiste L. Caldani, utilisant les premières sources d'électricité, avait montré en 1756 que des décharges électriques avaient des effets variés sur les muscles, en particulier chez les animaux chez qui ces effets étaient les plus nets (et le plus facile à se procurer): les grenouilles. Entre 1780 et 1790, Luigi Galvani réalise une série

d'expériences visant à éclaircir les liens entre électricité et système nerveux. Il utilise pour cela des «demi-grenouilles »: l'animal est tué, coupé en deux, et seuls ses membres inférieurs ainsi que la colonne vertébrale (et donc la moelle épinière) sont conservés. Les expériences sont réalisées immédiatement.

41 - Haller explique pourquoi il ne pense pas que le message nerveux soit de nature électrique: «La matière électrique suit d'autres lois (que celles du message nerveux): elle ne pourrait pas être retenue par des ligatures, elle ne resterait pas dans le nerf, elle se répandrait dans les espaces voisins.» Ses observations sont justes, mais pourquoi se trompe-t-il ?

42 - Dans une première série d'expériences, Galvani découvre qu'en présence de décharges électriques provoquées par un générateur ou par les éclairs d'un orage, les muscles des pattes se contractent si un fil métallique est relié à la moelle épinière. Comment expliquez-vous ce résultat ?

43 - Galvani observe ensuite que lorsque les crochets de cuivre enfoncés dans la moelle épinière entrent en contact avec les barreaux de fer de son balcon, les muscles se contractent. Que peut-il en déduire ?

44 - Galvani montre ensuite que des contractions se produisent si il relie moelle et muscle par un arc fait de métal (les contractions sont alors très faibles) ou de deux métaux différents (les contractions sont violentes). Si un isolant remplace ces métaux, il n'y a pas de contractions.

Que montrent ces expériences pour Galvani ?

Comment, avec vos connaissances modernes, pouvez-vous expliquer ce résultat ?

45 - Alors que Galvani, au début de ses expériences, partageait les conclusions de Haller, il les réfute après celles-ci. Quelles sont donc,

après ces expériences, les découvertes de Galvani sur le message nerveux ?

### 5 / Le Prométhée moderne (8 pts)

Au 18<sup>e</sup> siècle, de nombreuses expériences ont été réalisées avec les premières sources d'électricité (la machine électrique ou la bouteille de Leyde). Parmi ces expériences il y avait l'électrisation des vivants (180 gardes royaux de Louis XV se tenant par la main ont été ainsi «électrocutés» modérément pour l'amusement de la cour) mais aussi des morts: vers 1800, Giovanni Aldini, neveu de Galvani, parcourait France et Angleterre pour réaliser des expériences publiques spectaculaires et macabres alors à la mode. Aldini, pour démontrer que l'électricité était à la base de l'activité des êtres vivants, électrocutait des animaux morts ou des morceaux d'animaux, et les mouvements qu'il déclenchait semblaient faire revenir momentanément à la vie ces morceaux de corps. Ainsi, il réussit à faire ouvrir les yeux et la bouche à une tête de Taureau. Mais ces expériences «gothiques» culminèrent en janvier 1803. Le meurtrier George Forster, après avoir été pendu, a été amené au collège royal de chirurgie, où « lorsque Aldini appliqua son électrode, reliée à une grande batterie, sur le visage de Forster, sa mâchoire se mit à trembler, les muscles adjacents étaient horriblement déformés, et l'œil gauche nettement ouvert». Ne reculant devant rien, Aldini brancha son électrode dans le rectum (oui) du meurtrier, et soudain «le mort leva son poing fermé pour fendre l'air, comme s'il était furieux, donnant des coups avec ses pieds et son dos se cambrant violemment».

51 - Comment expliquez-vous les phénomènes provoqués par Aldini ?

52 - Bien qu'Aldini ait avoué n'avoir jamais réussi à refaire battre un cœur arrêté, d'autres expérimentateurs, comme l'Allemand Carl August Weinholt, affirment avoir «ressuscité» pendant quelques minutes des animaux décapités, obtenant des «zombis» capables de marcher quelques minutes lorsque leur moelle épinière était remplacée par un générateur électrique.

Comment expliquer ces résultats ? De nos jours, l'électricité peut-elle faire repartir un coeur arrêté ? Peut-on alors dire que l'on a «ressuscité» quelqu'un ?

53 - Ces expériences vont inspirer en 1816 Mary Shelley qui, lors d'un séjour de vacances, écrira un des premiers romans fantastiques, dont vous allez bien entendu trouver le titre et souligner les points communs avec les conceptions d'Aldini et Weinhold.

#### 6 / Les expériences discutables de R. Bartholow (10 pts)

Entre 1860 et 1870, le Dr E Hitzig, soignant des soldats souffrant de graves fractures du crâne exposant leur cerveau, découvre que de faibles courants électriques appliqués à la surface de cet organe provoquent des mouvements involontaires. Quelques années plus tard, avec l'aide de G Fristch, il montre qu'en stimulant électriquement certaines zones du cerveau d'un chien, il obtient toujours les mêmes mouvements de ce dernier. En 1873, le spécialiste du cerveau D. Ferrier, recherchant les causes d'une maladie, l'épilepsie, montra qu'une stimulation électrique directe de certaines zones du cerveau d'animaux différents aboutissait à la réalisation de mouvements, toujours les mêmes (mêmes mouvements du même membre).

61 - Que montrent les résultats obtenus par Hitzig et Fristch ?

62 - En 1874, le médecin Robert Bartholow reçoit une malade, Mary Rafferty, qui souffre d'une affection très rare: un cancer a détruit une partie des os de son crâne, créant un trou de 5 cm de diamètre montrant son cerveau. Bartholow, connaissant les expériences de Ferrier et Hitzig, applique alors sur le cerveau de sa patiente de faibles courants électriques. Celle-ci ne ressent aucune douleur, mais se met alors à réaliser des mouvements involontaires. La stimulation d'une même zone provoquant toujours les mêmes mouvements. Bartholow découvre aussi qu'il peut modifier, par ses stimulations, le rythme respiratoire et l'humeur de Mme Rafferty.

Quelles informations nouvelles apportent ces expériences ?

Comment pouvez-vous, avec les connaissances modernes, expliquer les phénomènes constatés ?

63 - Bartholow ne se contente pas d'utiliser de faibles courants électriques: il teste plusieurs intensités. Au cours de cette expérience, Mary Rafferty est prise de convulsion puis tombe dans le coma pendant 3 jours. Elle reprend conscience le quatrième jour, mais meurt le lendemain d'un accident vasculaire cérébral.

Pourquoi peut-on dire que les expériences de Bartholow étaient, même à l'époque, discutables ?

64 - Bartholow décrit ainsi une de ses expériences avec Mme Rafferty: «*When the needle entered the brain substance, she complained of acute pain in the neck. In order to develop more decided reactions, the strength of the current was increased ... her countenance exhibited great distress, and she began to cry. Very soon, the left hand was extended as if in the act of taking hold of some object in front of her; the arm presently was agitated with clonic spasm; her eyes became fixed, with pupils widely dilated; lips were blue, and she frothed at the mouth; (...); she lost consciousness and was violently convulsed on the left side. The convulsion lasted five minutes, and was succeeded by a coma. She returned to consciousness in twenty minutes from the beginning of the attack, and complained of some weakness and vertigo.*»

Vous allez bien entendu traduire ce texte en bon français.



#### 7 / L'étrange cas de Phineas Gage (6 pts)

En septembre 1848, Phineas Gage travaille à la construction d'une ligne de chemin de fer, dans le Vermont, aux USA. Le 13, il commet une grave erreur: ayant versé de la poudre dans un trou foré dans la roche afin de la faire sauter, il oublie de rajouter du sable sur la poudre avant de la tasser avec une barre à mine (ci-contre, photo de P. Gage tenant la barre qui l'a rendu célèbre. Doc

Wikimedia/ Jack & Beverly Wilgus). La barre métallique, frottant contre la roche, produit une étincelle qui enflamme la poudre. Le trou dans la roche agit comme un canon, et la barre à mine est violemment projetée vers la tête de Phinéas, qu'elle va traverser, pénétrant sous



l'oeil gauche pour ressortir, par le haut du crâne, au dessus du front (*ci-contre, reconstitution de la trajectoire de la barre à travers la tête*).

Le médecin de la compagnie raccompagne Phineas chez lui, le soigne comme il peut, puis commande un cercueil. Mais, contre toute attente, Phineas survit et, en apparence, guérit. Bien que son oeil gauche ne voit plus, il ne souffre d'aucune paralysie.

Toutefois, ses proches et son médecin constatent qu'après son accident, sa personnalité a été modifiée: ce n'est plus «le même homme»; auparavant fiable et joyeux, il est devenu instable et asocial.

71 - Comment expliquer l'absence de toute paralysie ?

72 - Quelle hypothèse pouvez-vous avancer pour expliquer les changements qui ont affecté la personnalité de Phinéas ?

### 8 / La bosse des math (4 pts)

À la fin du 18<sup>e</sup> siècle, le médecin Franz Joseph Gall, spécialiste du cerveau, suggère à partir d'observations diverses (par exemple la forme du crâne de ses meilleurs étudiants) que la forme du crâne donnerait une indication sur plusieurs caractères des individus. En effet, il pense que les différentes parties du cerveau, en se développant, appuient plus ou moins sur le crâne, en modifiant la forme et formant ainsi des «bosses». Il s'oppose en cela à beaucoup de ses contemporains pour qui le cerveau est un «tout» qui ne se divise pas en parties spécialisées.

81 - En vous basant sur vos connaissances, que peut-on penser des idées de Gall ?

82 - Les contemporains de Gall avaient-ils raison ? (Expliquer votre réponse).

### 9 / - Le conte d'Hoffman ( 7 pts)

Le seigle est une plante cultivée attaquée par un champignon, l'ergot. Ce dernier est connu depuis le moyen âge comme ayant des effets utilisables en médecine, par exemple pendant les accouchements. Toutefois, à forte dose, il est toxique. Pour étudier plus complètement les propriétés de ce champignon, le chimiste Albert Hoffman, en avril 1943, fabrique artificiellement une molécule contenue dans ce champignon, et nommée, d'après ses initiales, LSD. Au cours de ce travail, il se frotte les yeux, et une infime quantité de LSD entre dans son organisme par cette voie. Dès lors, il ressent des vertiges, rentre chez lui et, pendant deux heures, il voit, les yeux fermés, des couleurs qui bougent dans tous les sens.

91 - Pourquoi est-il possible de «voir» les yeux fermés ?

92 - Afin d'être certain que ses problèmes viennent du LSD, Hoffman en avale une quantité infime de 0,25 mg (un morceau de sucre ayant une masse de 5000 mg). Il note ce qui se passe:

*17:00 Début d'étourdissement, angoisse, troubles de la vue, paralysies, rires. Retour en vélo à la maison (...). Lors du trajet [...] mon état prit des proportions inquiétantes. Tout ce qui entrait dans mon champ de vision oscillait et était déformé (...). J'avais également le sentiment de ne pas avancer, alors que mon assistante me raconta plus tard que nous roulions en fait très vite.*

*Vers 18-20 heures: (...) Étourdissements et sensation de faiblesse étaient par moments si forts que je ne pouvais plus me tenir debout (...) Mon environnement se transforma alors de manière angoissante. [...] les objets familiers prirent des formes grotesques et le plus souvent menaçantes. Ils étaient empreints d'un mouvement constant, animés, comme mus par une agitation intérieure.*

*Vers 23 h: (...) jeu insolite de formes et de couleurs qui continuait derrière mes yeux fermés. Des formes fantasmagoriques et bariolées*

déferlaient sur moi en se transformant à la manière d'un kaléidoscope, s'ouvrant et se refermant en cercles et en spirales, jaillissant en fontaines de couleur, se réorganisant et se croisant. (...) Toutes les perceptions acoustiques (...) se transformaient en sensations optiques. Chaque son produisait une image animée de forme et de couleur correspondante.

Comment expliquez-vous l'effet du LSD ?

#### 10 / Translator (3 pts)

Traduire en français correct le paragraphe suivant, provenant de Wikipédia, qui est un excellent résumé sur le système nerveux :

«*The nervous system is an organ system containing a network of specialized cells called neurons that coordinate the actions of an animal and transmit signals between different parts of its body. The nervous system is susceptible to malfunction in a wide variety of ways, as a result of genetic defects, physical damage due to trauma or poison, infection, or simply aging.* »

#### 11 / Berkeley (4 pts)

Dans le film «Matrix», le héros, Néo, lorsque Morpheus lui apprend que tout ce qu'il prend pour la réalité n'existe pas, dit:

- (Neo) : Tout ça n'est pas réel ?
- (Morpheus) : Qu'est-ce que le réel ? »

A vous d'essayer d'y répondre, en vous basant sur ce que vous savez du système nerveux, bien évidemment...

#### 12 / Diversité (4 pts)

La communication nerveuse, tout comme la possibilité de mouvements rapides de tout l'organisme, est spécifique des animaux. A votre avis, les plantes possèdent-elles un moyen pour communiquer au sein de leur organisme ? De quel type pourrait-il être ?

#### 13 - The Unicorn code ( 3 pts)

La Dame à la licorne est un ensemble de six tapisseries célèbres datant de la fin du 15e siècle et conservé au musée de Cluny à Paris. Cinq des six tapisseries sont en fait des «allégories», c'est à dire des représentations codées, en rapport avec le système nerveux.

En utilisant les agrandissements suivants (*doc. Wikimedia*), trouvez donc à quoi font référence ces tapisseries.

