

PARTIE III : QUELQUES ASPECTS DU FONCTIONNEMENT DES CENTRES NERVEUX.

PARTIE A : DEFINITIONS

Potentiel de repos, Réflexe myotatique, Réflexe conditionnel, Hypersensibilité, Potentiel d'action, réflexe, arc réflexe, Conduction saltatoire, rhéobase, canaux à voltage dépendant, potentiel de récepteur, Hémiplégie, Neurotransmetteur, Potentiel post-synaptique, Canal ionique voltage dépendant, Intégration neuronale, Aire pré-motrice, mouvement volontaire, cortex moteur; Barrière hémato-encéphalique; Canaux chimiodépendants; Apraxie, Neurotransmetteur; Intégration neuronique; agnosie; hémiplégie, tétraplégie.

PARTIE B : QUESTIONS A CHOIX MULTIPLES

Noter le numéro de la question suivi de la (ou des lettres) correspondant à la (ou aux) proposition(s) exacte(s).

1- Les neurones constituant un arc réflexe ;

- a- comportent obligatoirement un neurone sensitif, un neurone moteur et un nombre variable de neurones d'association ;
- b- sont des neurones sensitifs des racines dorsales des nerfs rachidiens ;
- c- sont connectés au niveau de la substance grise s'il s'agit d'un réflexe médullaire ;
- d- communiquent entre eux grâce à des synapses qui permettent aux neurones moteurs de transmettre des informations aux neurones sensitifs.

2- Les centres nerveux

- a- comprennent chez les Vertébrés, l'encéphale et la moelle épinière
- b- sont constitués uniquement de substance grise ;
- c- reçoivent des messages nerveux efférents ;
- d- comprennent chez les Vertébrés, le cerveau et la moelle épinière

3- Les méninges sont constituées de trois membranes superposées qui sont de l'extérieur vers l'intérieur :

- a- dure mère – pie mère – arachnoïde ;
- b- arachnoïde – pie mère – dure mère ;
- c- pie mère – dure mère – arachnoïde ;
- d- dure mère – arachnoïde – pie mère.

4- Un neurone :

- a- reçoit généralement, à un instant donné, des informations provenant de plusieurs neurones
- b- porte un grand nombre de contacts synaptiques tous de type excitateurs ou tous de type inhibiteurs
- c- émet des potentiels d'actions qui se propagent le long de son axone dès que des potentiels post-synaptiques excitateurs apparaissent au niveau du corps cellulaire.
- d- Intègre des potentiels post-synaptiques excitateurs et inhibiteurs

5- Concernant la synapse neuromusculaire impliquée dans le réflexe myotatique chez l'homme,

- a. On la qualifie de plaque motrice
- b. Plusieurs synapses neuromusculaires peuvent partager le même axone pré synaptique après que celui-ci s'est divisé au niveau de l'arborisation terminale.

- c. Les récepteurs moléculaires sur lesquels se fixe le neurotransmetteur, impliqués dans cette synapse, sont localisés au niveau de l'enveloppe nucléaire de la cellule musculaire striée squelettique.
- d. Il y a toujours plus d'une synapse neuromusculaire par fibre musculaire.
- 6- Voici plusieurs propositions concernant des axones isolés de Mammifères, tous de même diamètre, placés *in vitro* dans une cuve à nerf, et stimulés par un choc électrique unique dont la valeur est supérieure au seuil de dépolarisation de chaque axone. Quel axone conduit le message nerveux plus rapidement ?
- Un axone non myélinisé placé à 30 °C.
 - Un axone myélinisé placé à 20 °C.
 - Un axone non myélinisé placé à 20 °C.
 - Un axone myélinisé placé à 30 °C.
- 7- Quelles propositions s'appliquent au réflexe myotatique chez l'homme ?
- C'est la réponse d'un muscle squelettique sous forme de relâchement en conséquence à son propre étirement.
 - C'est un réflexe monosynaptique qui implique les motoneurones alpha dont les corps cellulaires sont localisés dans le ganglion spinal.
 - C'est un réflexe monosynaptique de finalité posturale.
 - C'est la contraction d'un muscle en réponse à son propre étirement, ce dernier constituant le stimulus efficace réflexe.
- 8- Le potentiel d'action ;
- est une modification brève du potentiel de repos, sa durée étant de l'ordre de la milliseconde ;
 - a une amplitude qui décroît progressivement le long de la fibre nerveuse excitée ;
 - est lié à des mouvements ioniques intenses mais brefs au travers de la zone membranaire excitée ;
 - ne peut se propager que dans un seul sens le long d'une fibre nerveuse isolée.
- 9- Les neurones constituant un arc réflexe
- comportent obligatoirement un neurone sensitif, un neurone moteur et un nombre variable d'interneurones.
 - sont les neurones sensitifs des racines dorsales des nerfs rachidiens.
 - sont connectés au niveau de la substance grise s'il s'agit d'un réflexe médullaire.
 - communiquent entre eux grâce à des synapses qui permettent aux motoneurones de transmettre des informations aux neurones sensitifs.
- 10- Au niveau du cortex moteur cérébral,
- on a mis en évidence dans chaque hémisphère une aire motrice principale et une aire pré-motrice.
 - l'aire motrice de projection d'un hémisphère commande les muscles situés dans la même moitié du corps.
 - une stimulation électrique d'un point de l'aire motrice de projection entraîne la paralysie du muscle correspondant.
 - l'aire pré-motrice est impliquée dans la programmation des mouvements complexes, coordonnés.
- 11- La vitesse de progression d'un potentiel d'action est fonction
- de l'intensité de la stimulation qui lui a donné naissance.
 - du diamètre de la fibre.
 - de la température du corps.
 - de la nature de la fibre.

12- Un animal spinal :

- a- peut être obtenu en séparant toute communication entre l'encéphale et la moelle épinière.
- b- est réalisée tout simplement en détruisant la moelle épinière.
- c- est totalement privé de motricité.
- d- ne peut plus répondre de façon coordonnée aux stimulations périphériques.

13- Le réflexe myotatique

- a- est aussi appelé réflexe d'étirement
- b- est classiquement considéré comme mono synaptique
- c- a pour origine une stimulation de récepteurs cutanés
- d- ne concerne que les muscles qui provoquent une extension

14- L'acétylcholine

- a- est un neurotransmetteur qui est le plus souvent stocké dans les vésicules post-synaptiques.
- b- a pour antagoniste l'alpha-bungarotoxine.
- c- peut avoir la nicotine pour agoniste.
- d- n'intervient comme neurotransmetteur qu'au niveau des jonctions neuromusculaires.

PARTIE C : QUESTIONS A REPONSES OUVERTES.

Exercice 1 :

Des chercheurs ont pu localiser au niveau de la zone « R » de la corne dorsale de la moelle épinière deux substances chimiques, respectivement « A » et « B ». La substance « A » est localisée dans les vésicules des neurones « a », la substance « B » dans celles des neurones « b ».

La stimulation du neurone « a » provoque l'activation du neurone « r » de la zone R.

La stimulation du neurone « b » n'a aucun effet sur « r ».

Lorsque préalablement à la stimulation du neurone « a », l'on applique dans la zone synaptique (entre les neurones « a » et « r ») une micro-injection de substance B, le nombre de vésicules de substance A ne diminue pas dans le neurone « a » au cours de sa réponse à la stimulation.

- a- La substance A est un neuromédiateur excitateur.
- b- La substance B est un neuromédiateur inhibiteur.
- c- La substance B agit sur les récepteurs à la substance A localisés sur l'élément post-synaptique
- d- La substance B inhibe la libération de la substance A.

Exercice 2

Par des expériences de stimulation électrique à des régions précises des hémisphères cérébraux et grâce à des autopsies après décès des personnes présentant des handicaps etc., on a pu mettre en évidence des grandes lignes de l'organisation de l'encéphale.

1- Donner l'organisation de l'encéphale d'un vertébré

2- suite à la demande de son camarade, l'élève Karim décide de lui passer une gomme pendant le cours.

- a- Expliquer comment se fait l'intégration du message nerveux entre les différentes aires corticales
- b- En considérant que l'élève Karim soit gaucher, préciser le trajet de l'influx nerveux qui va aboutir à la préhension de la gomme

Exercice 3 :

Construire à partir de trois neurones (ou partie de neurones) et deux synapses des schémas d'enregistrement représentant aux lieux bien indiqués :

- 1- les manifestations électro physiologiques caractéristiques : d'un potentiel de repos, d'un potentiel d'action monophasique, d'un potentiel post-synaptique excitateur et d'un potentiel post-synaptique inhibiteur
- 2- les phénomènes ioniques qui accompagnent ce potentiel de repos et ce potentiel d'action
- 3- les phénomènes chimiques qui précèdent la formation de ces potentiels post-synaptiques.

Exercice 4 :

Chez un homme, un coup sec appliqué sous la rotule au niveau du tendon du muscle antérieur de la cuisse provoque l'excitation de la jambe.

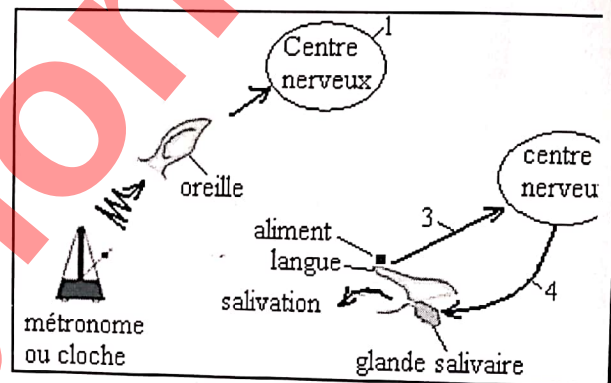
Réaliser un schéma fonctionnel indiquant les organes impliqués dans la réaction étudiée et faites figurer sur ce schéma le trajet du message nerveux.

NB : Avec une couleur différente, mettez en exergue le trajet de l'influx nerveux lors du réflexe myotatique.

Exercice 5 :

Le document 1 présente les éléments intervenant dans la réalisation d'un même acte réflexe : la salivation d'un chien à un stimulus.

- 1- Nommer à l'aide des chiffres les éléments 1, 2, 3 et 4.
- 2- Reproduire partiellement le schéma de manière à ressortir l'arc réflexe inné.
- 3- Reproduire entièrement et compléter le schéma de manière à obtenir l'arc réflexe conditionnel.



Document 1

Exercice 6 :

En 1895, Claude Bernard écrivait :

« Voici une grenouille, dont la moelle épinière a été mise à nu, et chez laquelle j'ai coupé à droite, les racines antérieures qui se rendent aux membres postérieures, et à gauche les racines postérieures. La patte gauche, qui se meut encore bien, est insensible comme le montre les excitations portées en vain sur elle. La patte droite est immobile mais elle est restée sensible car, si on vient à la pincer, on détermine les mouvements du reste du corps. »

- a- Claude Bernard dans ses expériences, étudiait la notion de réflexe.
- b- Dans les racines postérieures transitent les neurones moteurs du mouvement
- c- Dans les racines antérieures transitent les neurones sensitifs du mouvement
- d- Ces expériences mettent en évidence le rôle des centres nerveux de la moelle épinière.

Exercice 7 :

Sur un nerf, on porte des stimulations d'intensité croissante ; on fait de même sur une fibre. Des réponses R_1 et R_2 sont enregistrées dans le tableau suivant :

Intensité de stimulation	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5	i_6	i_7	i_8	i_9	i_{10}	i_{11}	i_{12}
R_1 (en mV)	0	0	110	180	310	410	460	600	680	780	820	820
R_2 (en mV)	0	0	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110

Tracer sur un même graphique deux courbes qui traduisent l'amplitude des potentiels nerveux enregistrés que vous identifieriez clairement. Interprétez les différentes parties de chacune des courbes.

Exercice 8 :

Le texte suivant antérieur à 1900, décrit une méthode empirique et ancienne pour dresser les ours.

« On peut dresser les ours à exécuter certains tours, entre autres à danser. Pour lui donner cette instruction, on le plaçait dans une cage dont le fond était formé de plaques de fer que l'on chauffait. Afin d'échapper à cette chaleur, l'ours se levait sur ses pattes de derrière et commençait à sauter. A ce moment-là, on jouait du tambour et du flageolet* : au bout de quelque temps, cette musique rappelait si bien à l'ours son martyre, qu'en l'entendant, il se mettait à danser comme s'il se trouvait encore sur les plaques chauffées... »

* flageolet : petite flûte à bec en bois.

D'après un recueil de textes publiés sous la direction d'Edmond Perrier.

1. Quel comportement, commun à tous les ours, ne nécessite aucun apprentissage ? Expliquer le circuit nerveux impliqué dans ce comportement.
2. Quel comportement, en revanche résulte d'un apprentissage ? Expliquer le circuit nerveux impliqué dans la réalisation de ce nouveau comportement.
3. Relever dans le texte le stimulus absolu et le stimulus conditionnel.
4. A l'aide des connaissances acquises en classe, comparer un conditionnement opérant et un conditionnement répondant. A quel type de conditionnement correspond la réponse comportementale de la question 2 ?

II- Saisie de l'information biologique et appréciation.

A- On conditionne un chien à saliver en associant un agent primitivement indifférent (un éclair de lumière blanche) et un agent gustatif efficace (la viande) que l'on applique immédiatement après le premier agent. Au bout d'un certain nombre d'association, la seule vue de la lumière provoque la salivation.

- 1- Identifier dans ce texte l'excitant neutre et l'excitant absolu de ce conditionnement
- 2- Élaborer par un schéma le trajet de l'influx nerveux du conditionnement
- 3- Compléter ce schéma par la voie nerveuse absolue qui était empruntée par l'influx nerveux avant le conditionnement.

B- On fait saliver le chien sous la seule influence des éclairs de lumière blanche et on compte le nombre de gouttes de salive par 30 secondes. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Heure	Nature de l'éclair (durée 1s)	Nombre de gouttes de salive en 30 s
14 h 00	L u m i è r e b l a n c h e	1 0
14 h 10	L u m i è r e b l a n c h e	1 0
14 h 20	- / / -	1 0
14 h 30	- / / -	9
14 h 40	- / / -	5
14 h 50	- / / -	0
15 h 00	- / / -	0

- 1- Quel caractère important du réflexe conditionnel est ici mis en évidence ? Justifier.
- 2- Que faut-il faire pour éviter cela ?

C- L'examen clinique d'un accidenté de la route souffrant d'une commotion cérébrale permet au médecin de réaliser entre autres observations celles qui sont décrites ci-dessous.

- a- Le malade voit les éclairs lumineux, il voit les personnes qui lui rendent visite mais il ne reconnaît pas les membres de sa famille.
- b- Le malade entend mais il n'arrive pas à discerner les mots.

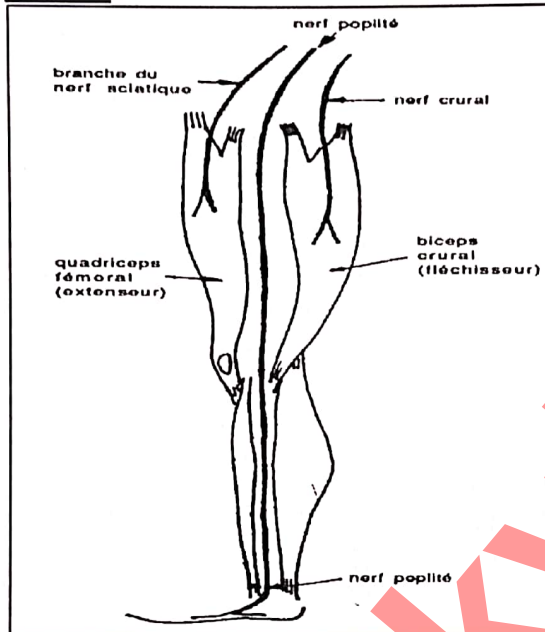
- c- Le malade na salive plus lorsqu'il est nourrit alors que ses glandes salivaires restent intactes.

À l'aide des données ci-dessus,

- 1- Identifier les zones cérébrales touchées par l'accident
- 2- Nommer les anomalies a et b
- 3- Que signifie commotion cérébrale.

III- EXPLOITATION DES DOCUMENTS

Partie A :



I- Chez un homme ayant subi un accident entraînant une section haute de la moelle épinière,

- le contact d'un objet chaud sur la peau du pied de la plante du pied entraîne systématiquement le flexion du membre inférieur correspondant (activité A),
- une légère pression sur la peau de la plante du pied provoque toujours une extension du membre inférieur correspondant (activité B).

1- Quel type d'activité nerveuse est ici mise en évidence ? justifiez.

Une étude expérimentale reproduisant les résultats observés peut être réalisée chez le chat (les organes concernés sont les mêmes que chez l'homme).

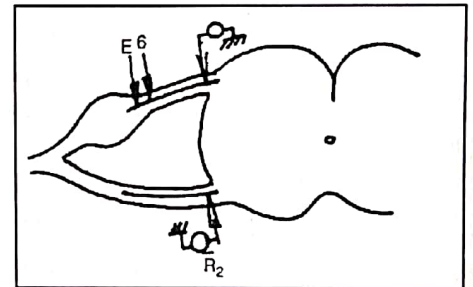
2- En ne considérant que l'activité A, comment peut-on démontrer le rôle des différentes voies nerveuses mises en jeu ici ? Vous utiliserez les éléments anatomiques du Document 1.

Document 1

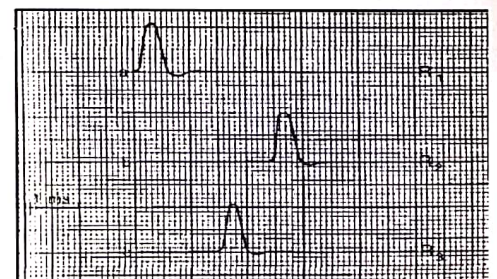
II - Afin de compléter la comparaison des activités A et B, on réalise sur un chat spinal le montage expérimental figuré dans le document 2.

Dans un premier temps, on stimule en E une fibre nerveuse intervenant dans l'activité A ; on recueille l'activité électrique de cette fibre en R₁ et celle d'une fibre innervant le biceps crural en R₂ ; on obtient respectivement les tracés a et b du document 3.

Dans un deuxième temps, on stimule en E une fibre intervenant dans l'activité B ; on recueille en R₁ l'activité électrique de cette fibre et en R₂ l'activité électrique d'une fibre innervant le quadriceps fémoral ; on obtient respectivement les tracés a et c du document 3.



Document 2

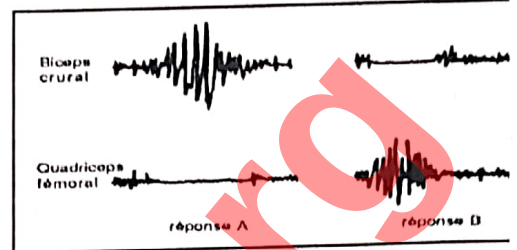


Document 3

- 1- Comment nomme-t-on le phénomène enregistré ? Reproduisez sur votre copie un des tracés et indiquez-en les différentes phases.

2- Sachant que le délai synaptique est d'environ 1 ms, établissez des schémas annotés représentant les circuits neuroniques intra médullaires impliqués dans chacune des activités A et B.

III- On pose des électrodes sur la peau au niveau du triceps crural d'une part et du quadriceps fémoral d'autre part. Le document 4 représente les phénomènes électriques globaux des muscles enregistrés au cours des activités A et B.



1- En vous appuyant sur les enregistrements du document 4, montrer que les réponses musculaires sont coordonnées.
Afin de comprendre le mécanisme, des expériences sont réalisées au niveau des neurones moteurs innervant les deux muscles dans la réaction A (document 5).

On porte une stimulation efficace sur les fibres présynaptiques participant A. on enregistre en 3 points, figurés sur le document 5, pour chaque neurone moteur. Seule l'électrode réceptrice est représentée. Il est précisé que ces électrodes L et P sont au niveau de la membrane postsynaptique.

2- comparez les tracés obtenus en L, M, N d'une part et P, Q, R d'autre part (document 6).

Si on injecte en X (document 5) une quantité suffisante d'acide glutamique ou glutamate, on obtient les tracés L, M et N.

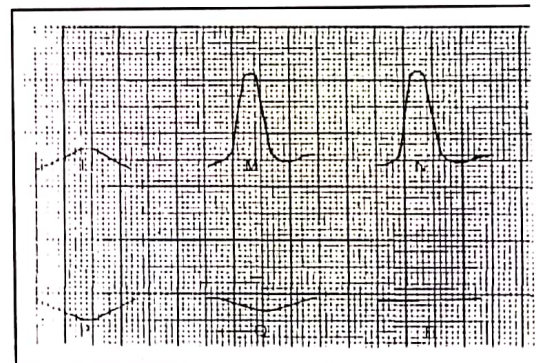
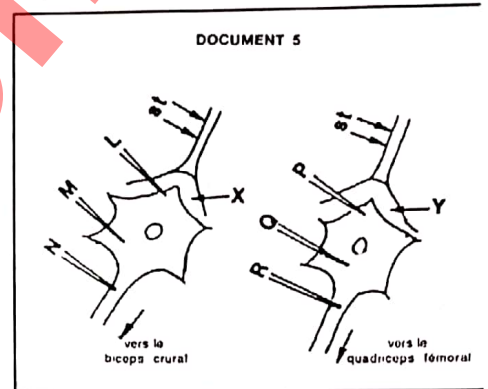
Si on injecte en Y une quantité suffisante de glycine, on obtient les tracés P, Q et R.

3- Sachant que ces substances existent naturellement au niveau des espaces synaptiques, comment peut-on appeler ces substances ? Justifier.

Il est démontré :

- qu'au niveau de la membrane en P (document 5), la glycine provoque une augmentation de la perméabilité aux ions K^+ ,
- qu'au niveau de la membrane en L, l'acide glutamique provoque une augmentation de la perméabilité aux ions Na^+ .

On donne ci-après la répartition au repos de ces ions de part et d'autre de la membrane.



Document 6

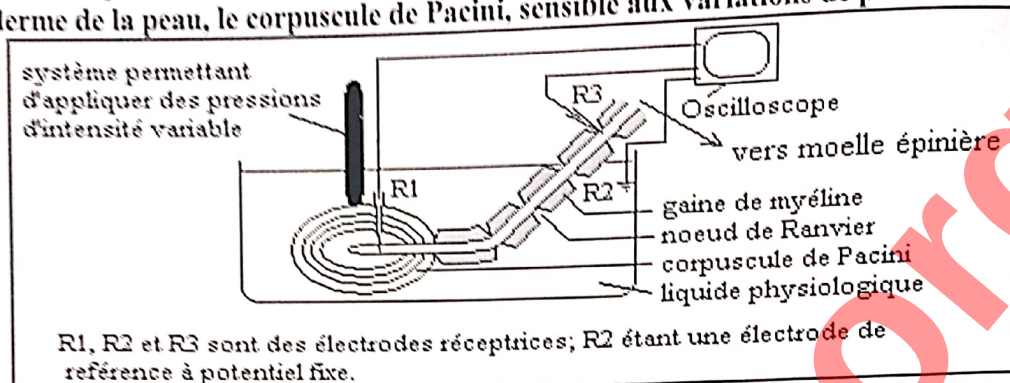
Concentration en millimoles/litre	Milieu intracellulaire	Milieu extracellulaire
[N a $^+$]	5 0	4 4
[K $^+$]	4 0	0 2

4- En ne tenant compte que des forces de diffusion, donner une interprétation des tracés enregistrés en L et P du document 6.

5- En quoi ces phénomènes au niveau des synapses permettent-ils d'expliquer la coordination au cours des activités A et B ?

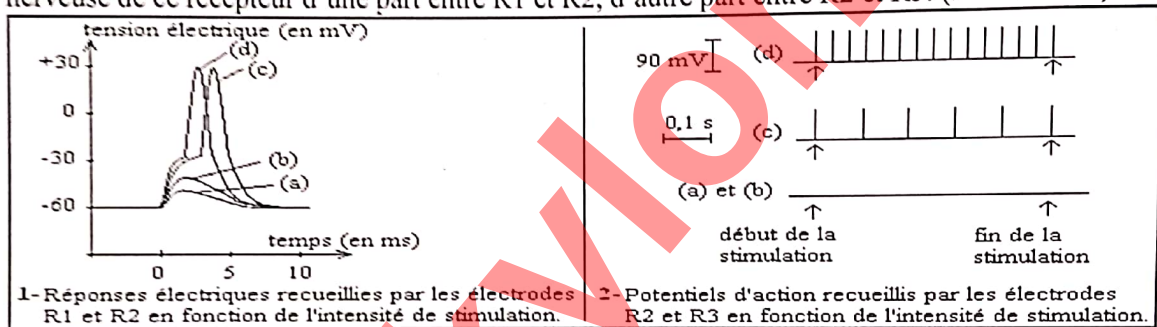
Partie B :

A-On cherche à comprendre l'origine des messages sensitifs. Le document 7 montre le dispositif expérimental permettant d'étudier le fonctionnement d'un mécanorécepteur du derme de la peau, le corpuscule de Pacini, sensible aux variations de pression.



Document 7

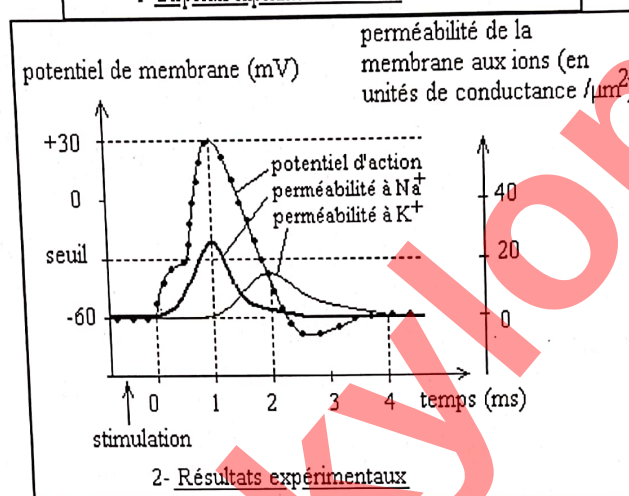
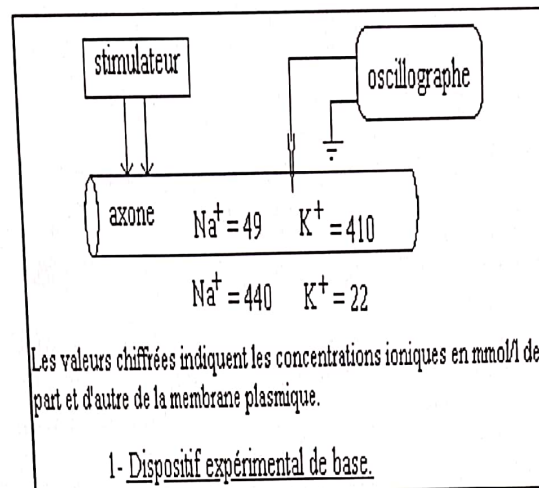
On exerce sur le corpuscule une série de pressions d'intensité croissante qui ont valeur de stimulation ($a < b < c < d$). On enregistre les variations de potentiel de membrane de la fibre nerveuse de ce récepteur d'une part entre R1 et R2, d'autre part entre R2 et R3. (Document 8)



Document 8

- 1- Analyser les résultats obtenus en 1 (document 8) et expliquer le mode de codage du message nerveux au niveau du récepteur sensoriel.
- 2- Analyser les résultats obtenus en 2 (document 8) et expliquer le mode de codage du message nerveux au niveau de la fibre nerveuse.

B-On souhaite étudier le mode de genèse des réponses électriques enregistrées avec les pressions (c) et (d) du document 3 en rapport avec la perméabilité membranaire aux ions Na^+ et K^+ . (Document 9)



Document 9 : Dispositif expérimental et résultats obtenus.

Interpréter ces courbes de manière à faire ressortir la relation entre la variation de la perméabilité membranaire aux ions Na^+ et K^+ et la manifestation du potentiel d'action.

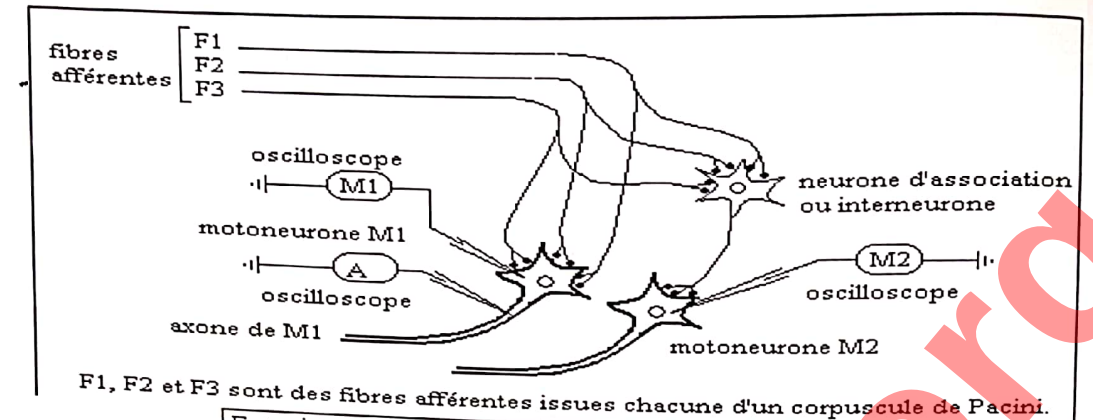
C-On étudie la transmission des messages nerveux provenant de fibres nerveuses afférentes dans la moelle épinière.

1- On mesure en unités arbitraires la quantité de neurotransmetteurs libéré dans la fente synaptique pour les différentes pressions a, b, c et d ci-dessus (partie A, document 8). Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après :

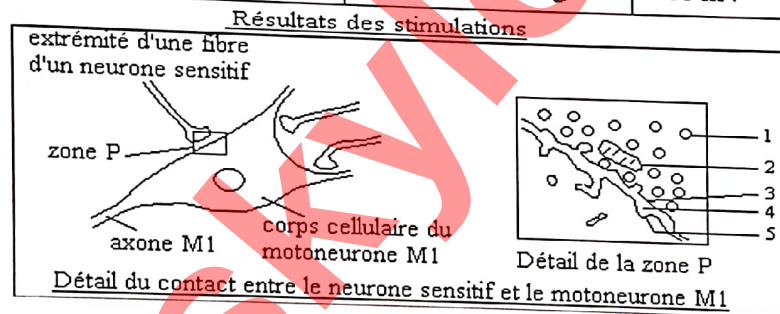
P r e s s i o n	a	b	c	d
Quantité de neurotransmetteur (en unités arbitraires)	00	00	5	25
A m p l i t u d e d u P P S E (e n m V)	00	00	6	30

Analyser les données du tableau ci-dessus et en déduire le mode de codage du message nerveux au niveau de la synapse chimique.

2- On introduit une microélectrode dans un motoneurone M1 et une autre dans un motoneurone M2 localisés dans la moelle épinière, de façon à enregistrer l'activité de ces neurones. Une troisième microélectrode permet d'enregistrer l'activité de l'axone issu du motoneurone M1. On exerce des pressions comparables à (d) - c'est-à-dire de même intensité que (d) - sur trois corpuscules de Pacini C1, C2 et C3 mis à nu et préparés dans les conditions expérimentales du document 7 (document 10 : dispositif expérimental et résultats obtenus)



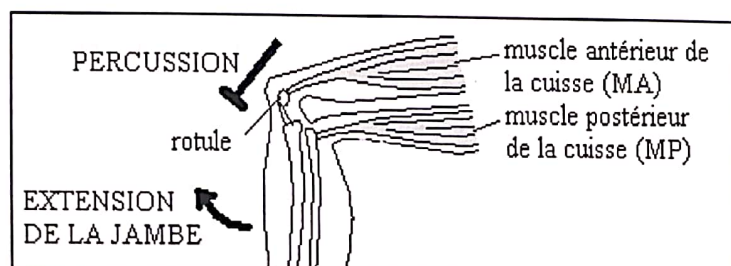
	Enregistrement obtenu en M1	Enregistrement obtenu en A	Enregistrement obtenu en M2
premier cas : stimulation de C1	seuil ----- -60 mV	-60 mV -----	-60 mV
Deuxième cas : stimulation de C1 + C2	seuil ----- -60 mV	-60 mV -----	-60 mV
troisième cas : stimulation de C1 + C2 + C3	+30 mV ----- seuil ----- -60 mV	+30 mV ----- seuil ----- -60 mV	-60 mV ----- -66 mV -----



Document 10 : dispositif expérimental et résultats obtenus.

- Interpréter les résultats indiqués dans le tableau du document 10 de manière à relever les conditions nécessaires à la naissance d'un message nerveux moteur.
- Montrer que le motoneurone a des propriétés intégratrices.
- Quel peut être le rôle de l'interneurone ?
- Nommer la zone P du schéma (document 10) et indiquer la légende de chacun des éléments numérotés sur l'électronographie. (utiliser uniquement les chiffres)

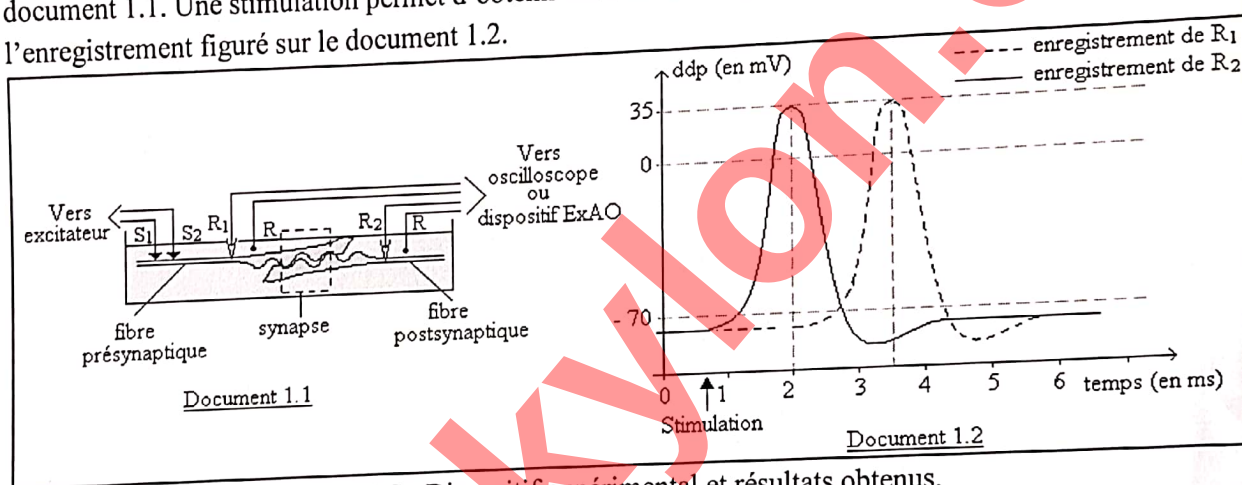
D) Avec un marteau médical, on percute le tendon reliant le muscle antérieur de la cuisse à la rotule (Document 6). Immédiatement, la jambe entre en extension. La répétition de cette expérience entraîne toujours la même réponse.



Document 6

- 1- Comment se nomme cette réponse ? Justifier à partir de l'énoncé.
- 2- Comment varie la longueur du muscle antérieur suite à la percussion du tendon ?
- 3- Comment réagit le muscle antérieur en réponse à la stimulation ? Quelle est la conséquence de cette réponse sur sa taille ?
- 4- Dans quel état doit se trouver le muscle postérieur pour que la réponse puisse avoir lieu ?
- 5- Comment qualifie-t-on ces muscles antérieur et postérieur ?
- 6- Schématiser l'arc réflexe correspondant à ce mouvement d'extension de la jambe en présentant l'innervation réciproque des muscles MA et MP.

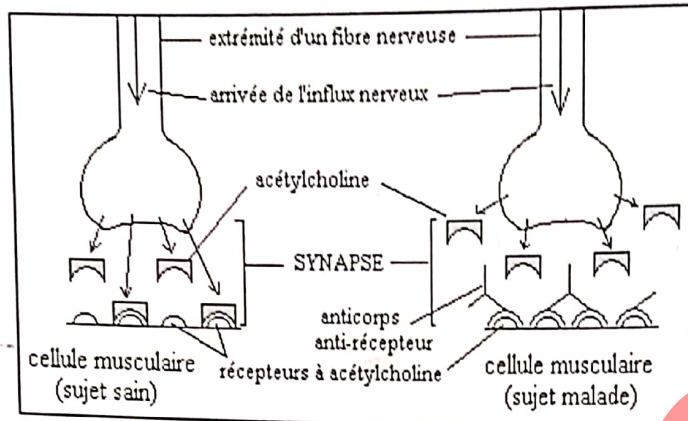
E - Certains neurones de calmar (sorte de poulpe) présentent des synapses géantes. On isole deux fibres séparées par une telle synapse et on monte l'expérience représentée sur le document 1.1. Une stimulation permet d'obtenir sur l'oscilloscope ou le dispositif ExAO l'enregistrement figuré sur le document 1.2.



Document 1.1 et 1.2 : Dispositif expérimental et résultats obtenus.

- 1- Identifier chacun des deux potentiels obtenus.
- 2- La distance entre R₁ et R₂ est de 11 mm. Sachant que la vitesse de propagation d'un potentiel sur une fibre est d'environ 11 m.s⁻¹, calculer le délai qui devrait séparer les deux potentiels.
- 3- Mesurer ce délai sur l'enregistrement et tirer une conclusion sur l'influence des synapses sur la vitesse de transmission du message nerveux.

F - La myasthénie se traduit par des paralysies, les muscles atteints ne se contractent plus. Comme le montre le document suivant, les cellules musculaires se contractent lorsqu'elles reçoivent un influx nerveux conduit par une fibre nerveuse ; cette dernière libère à son extrémité, au contact de la cellule musculaire, une substance appelée acétylcholine qui se fixe sur des récepteurs inclus dans la membrane de la cellule du muscle ; cette fixation provoque la contraction. On met en évidence, dans le sang des myasthéniques, des anticorps anti-récepteurs à l'acétylcholine.



1- Expliquer la cause des paralysies chez le malade.

Emettre une hypothèse pour expliquer l'observation suivante : une mère atteinte de myasthénie peut donner naissance à un enfant qui, pendant quelques semaines, présente des paralysies. Ces troubles disparaissent rapidement.