

LES NEURONES LES SYNAPSES ET LES FIBRES MUSCULAIRES

Émile GODAUX

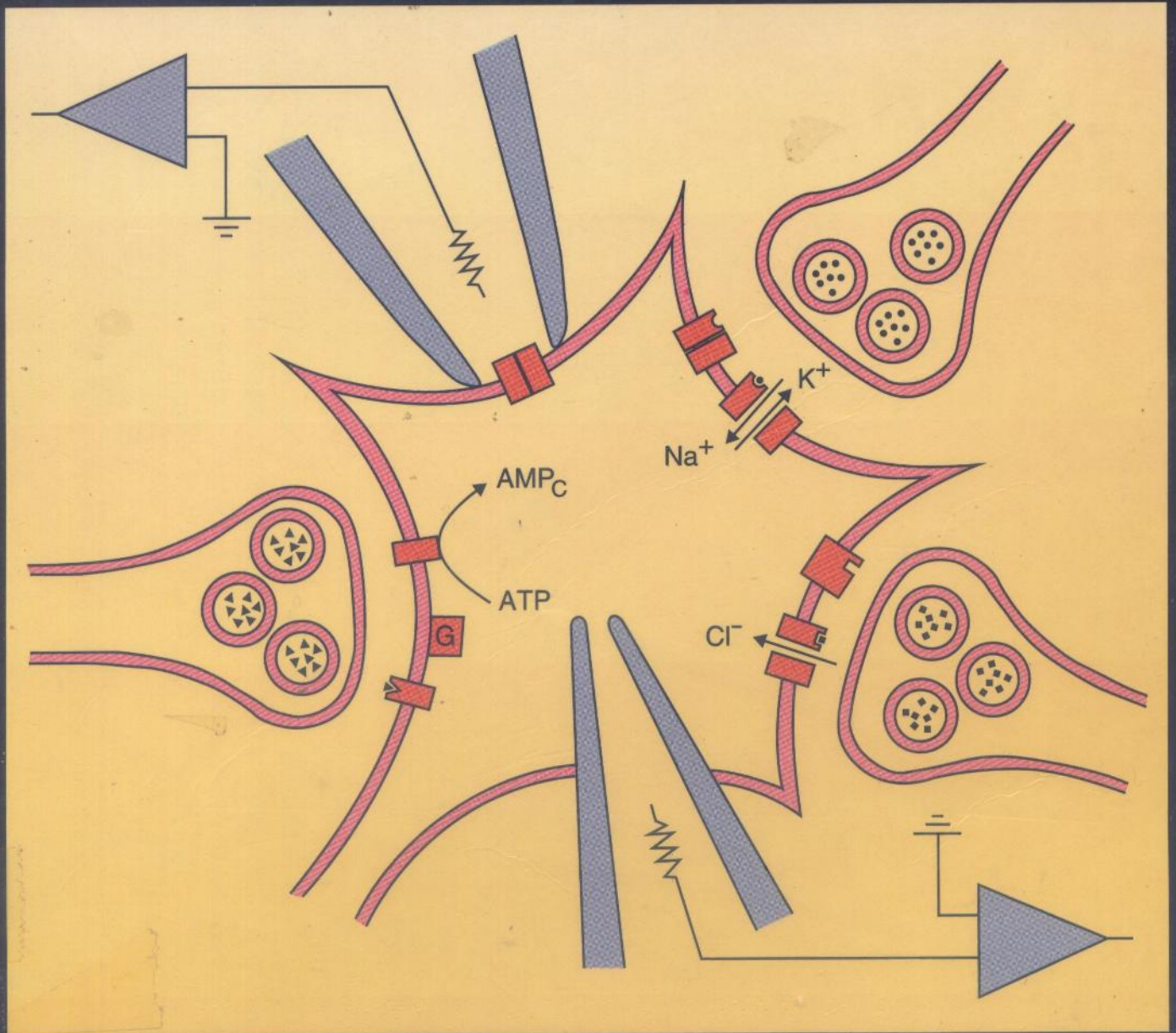


TABLE DES MATIÈRES

LES NEURONES LES SYNAPSES ET LES FIBRES MUSCULAIRES

Émile GODAUX

1. Notions élémentaires d'électricité	3	1. La cellule et le tissu nerveux	23
Intensité du courant et différence de potentiel	9	Le neurone	24
La loi d'Ohm	10	Le système nerveux	26
Le comportement d'un circuit rigide	10	Le réflexe tendineux	27
Condensateur et capacité	11	Le réflexe rotuleux	28
Le fonctionnement d'un circuit capacitif	12	Le réflexe tendineux	29
Le circuit "résistance-capacité en parallèle"	14	Le réflexe tendineux	30
Résistances en série et en parallèle	14	Le réflexe tendineux	31
Capacités en série et en parallèle	15	Le réflexe tendineux	32
2. Physiologie des neurones	17	Le réflexe tendineux	33
L'existence du potentiel de repos	17	Le réflexe tendineux	34
Notions de dépolarisation et d'hyperpolarisation	17	Le réflexe tendineux	35
La mesure du potentiel de repos	17	Le réflexe tendineux	36
La structure des membranes	18	Le réflexe tendineux	37
Les milieux intracellulaires et extracellulaires	18	Le réflexe tendineux	38
Le potentiel de repos	19	Le réflexe tendineux	39
Le potentiel d'action	20	Le réflexe tendineux	40
Le potentiel d'action	20	Le réflexe tendineux	41
Le potentiel d'action	21	Le réflexe tendineux	42
Le potentiel d'action	22	Le réflexe tendineux	43
Le potentiel d'action	23	Le réflexe tendineux	44
Le potentiel d'action	24	Le réflexe tendineux	45
Le potentiel d'action	25	Le réflexe tendineux	46
Le potentiel d'action	26	Le réflexe tendineux	47
Le potentiel d'action	27	Le réflexe tendineux	48
Le potentiel d'action	28	Le réflexe tendineux	49
Le potentiel d'action	29	Le réflexe tendineux	50
Le potentiel d'action	30	Le réflexe tendineux	51
Le potentiel d'action	31	Le réflexe tendineux	52
Le potentiel d'action	32	Le réflexe tendineux	53
Le potentiel d'action	33	Le réflexe tendineux	54
Le potentiel d'action	34	Le réflexe tendineux	55
Le potentiel d'action	35	Le réflexe tendineux	56
Le potentiel d'action	36	Le réflexe tendineux	57
Le potentiel d'action	37	Le réflexe tendineux	58
Le potentiel d'action	38	Le réflexe tendineux	59
Le potentiel d'action	39	Le réflexe tendineux	60
Le potentiel d'action	40	Le réflexe tendineux	61
Le potentiel d'action	41	Le réflexe tendineux	62
Le potentiel d'action	42	Le réflexe tendineux	63
Le potentiel d'action	43	Le réflexe tendineux	64
Le potentiel d'action	44	Le réflexe tendineux	65
Le potentiel d'action	45	Le réflexe tendineux	66
Le potentiel d'action	46	Le réflexe tendineux	67
Le potentiel d'action	47	Le réflexe tendineux	68
Le potentiel d'action	48	Le réflexe tendineux	69
Le potentiel d'action	49	Le réflexe tendineux	70
Le potentiel d'action	50	Le réflexe tendineux	71
Le potentiel d'action	51	Le réflexe tendineux	72
Le potentiel d'action	52	Le réflexe tendineux	73
Le potentiel d'action	53	Le réflexe tendineux	74
Le potentiel d'action	54	Le réflexe tendineux	75
Le potentiel d'action	55	Le réflexe tendineux	76
Le potentiel d'action	56	Le réflexe tendineux	77
Le potentiel d'action	57	Le réflexe tendineux	78
Le potentiel d'action	58	Le réflexe tendineux	79
Le potentiel d'action	59	Le réflexe tendineux	80
Le potentiel d'action	60	Le réflexe tendineux	81
Le potentiel d'action	61	Le réflexe tendineux	82
Le potentiel d'action	62	Le réflexe tendineux	83
Le potentiel d'action	63	Le réflexe tendineux	84
Le potentiel d'action	64	Le réflexe tendineux	85
Le potentiel d'action	65	Le réflexe tendineux	86
Le potentiel d'action	66	Le réflexe tendineux	87
Le potentiel d'action	67	Le réflexe tendineux	88
Le potentiel d'action	68	Le réflexe tendineux	89
Le potentiel d'action	69	Le réflexe tendineux	90
Le potentiel d'action	70	Le réflexe tendineux	91
Le potentiel d'action	71	Le réflexe tendineux	92
Le potentiel d'action	72	Le réflexe tendineux	93
Le potentiel d'action	73	Le réflexe tendineux	94
Le potentiel d'action	74	Le réflexe tendineux	95
Le potentiel d'action	75	Le réflexe tendineux	96
Le potentiel d'action	76	Le réflexe tendineux	97
Le potentiel d'action	77	Le réflexe tendineux	98
Le potentiel d'action	78	Le réflexe tendineux	99
Le potentiel d'action	79	Le réflexe tendineux	100

5645 1/3



MASSON

Paris Milan Barcelone

1994

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	1	La loi de Nernst	22
Le système nerveux : une esquisse très sommaire	1	Potentiel sodium, potentiel potassium et potentiel chlorure	24
L'architecture des cellules nerveuses	2	La force d'un concept	26
Un neurone typique : le motoneurone	3	L'origine du potentiel de repos	26
Le fonctionnement de la synapse : premier aperçu	4	Vérification expérimentale de la théorie membranaire	27
Les synapses excitatrices et les synapses inhibitrices	5	Les propriétés électriques passives de la membrane	28
Substance blanche et substance grise	5	Nombre d'ions K^+ impliqués dans l'établissement du potentiel de repos d'un neurone	31
La moelle épinière et les nerfs	5	4. Physiologie du potentiel d'action	33
L'arc réflexe sous-tendant le réflexe tendineux	6	Le potentiel d'action	33
Quelques problèmes posés par le circuit du réflexe tendineux	7	Les propriétés du potentiel d'action	33
2. Notions élémentaires d'électricité	9	Première esquisse de la théorie ionique du potentiel d'action	36
Intensité du courant et différence de potentiel	9	La technique du potentiel stabilisé	37
La loi d'Ohm	10	Évolution des perméabilités de la membrane soumise à un échelon de polarisation	39
Le comportement d'un circuit résistif	10	Les électrorécepteurs sodium et les électrorécepteurs potassium	42
Condensateur et capacité	11	La théorie ionique du potentiel d'action	44
Le fonctionnement d'un circuit capacitif	12	Le mécanisme du seuil de déclenchement du potentiel d'action	45
Le circuit "résistance-capacité en parallèle"	14	Les mécanismes de la loi du tout ou rien	47
Résistances en série et en parallèle	14	Le mécanisme de la période réfractaire	47
Capacités en série et en parallèle	15	Les mouvements d'ions au cours du potentiel d'action	47
3. Physiologie de la membrane neuronale au repos	17	Pharmacologie des électrorécepteurs Na^+ et des électrorécepteurs K^+	48
L'existence du potentiel de repos	17	5. Fondements de la biologie moléculaire des récepteurs	51
Notions de dépolarisation et d'hyperpolarisation	17	Composition chimique de la cellule	51
La mesure du potentiel de repos	18	Acides aminés et chaînes peptidiques	52
La structure des membranes cellulaires	20		
Les milieux intra et extracellulaires	22		

Structures primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire des protéines	53	La densité des électrorécepteurs sodium et des électrorécepteurs potassium	81
La liaison hydrogène	54	7. Physiologie de la jonction neuro-musculaire	85
L'hélice alpha	55	La jonction neuro-musculaire et la plaque motrice	85
Le plissement bêta (structure secondaire)	57	L'architecture de la jonction neuro-musculaire	86
Les facteurs responsables de la structure tertiaire des protéines	57	Fonctionnement de la jonction neuro-musculaire : premier aperçu	86
L'acide désoxyribonucléique	58	Description du potentiel de plaque motrice	88
L'acide ribonucléique messager	59	La modification de la perméabilité membranaire liée au potentiel de plaque motrice	90
L'hybridation	60	Le mécanisme de la dépolarisation de la plaque motrice	91
Le code génétique	61	Mécanisme ionique du potentiel de plaque motrice	91
Les rapports entre la biologie moléculaire des récepteurs et l'ingénierie génétique	61	Action des anticholinestésiques	94
L'ARN messager des eucaryotes	62	8. Biologie moléculaire du récepteur nicotinique à l'acétylcholine	97
La fabrication de l'ADNc	62	Purification du récepteur nicotinique à l'acétylcholine	98
Clonage d'un segment d'ADN	63	Morphologie du récepteur à l'acétylcholine	100
La sélection des "bonnes" colonies	65	Structure primaire des chaînes α , β , γ , δ	100
6. Biologie moléculaire de l'électrorécepteur sodium	69	Structures secondaire, tertiaire et quaternaire du récepteur à l'acétylcholine	100
Architecture globale de l'électrorécepteur sodium	69	La technique du patch clamp pour la configuration outside-out	100
L'enregistrement du courant porte	71	L'ouverture du récepteur se fait selon la loi du tout ou rien	103
La tétrodontoxine interfère-t-elle avec le mécanisme d'activation des électrorécepteurs sodium ?	72	Expression de récepteurs à l'acétylcholine fonctionnels dans l'ovocyte de Xénope	105
Existe-t-il un courant porte d'inactivation ?	72	Le rôle de la sous-unité δ	106
La structure primaire de l'électrorécepteur sodium	72	Les acides aminés responsables de la perméabilité sélective du récepteur à l'acétylcholine	106
Structures secondaire et tertiaire de l'électrorécepteur sodium	73	L'action du curare et des inhibiteurs de la cholinestérase	108
Disposition de l'électrorécepteur sodium par rapport à la membrane	74	La désensibilisation des récepteurs à l'acétylcholine	109
Le détecteur de potentiel	74	Le métabolisme des récepteurs à l'acétylcholine	109
Le segment inactivant	77		
La structure des électrorécepteurs sodium de différents tissus	78		
La technique du patch clamp	78		
L'ouverture des électrorécepteurs sodium se fait suivant le mode "tout ou rien"	79		

Les grappes de récepteurs	109	Mécanisme de l'inhibition présynaptique	137
9. Physiologie de l'électrosécrétion	111	12. Biologie moléculaire des récepteurs	
La préparation		directement liés à un canal ionique	139
"synapse géante de calmar"	111	Architecture générale du récepteur GABA _A	139
Relation entre l'amplitude		Les sites de fixation allostériques	
de la dépolarisation synaptique		du récepteur GABA _A	140
et la quantité de médiateur libérée	112	Le rôle des différentes sous-unités	
Le rôle du calcium dans le processus		du récepteur GABA _A	142
d'électrosécrétion	114	La multiplicité des récepteurs GABA _A	143
Le délai synaptique	116	Le récepteur à la glycine	143
Les bloquants de l'électrosécrétion	117	Les récepteurs au glutamate	144
Les potentiels de plaques motrices		Les récepteurs non-NMDA	144
miniatures	117	Le récepteur NMDA	145
Les vésicules synaptiques	118	Stratégie du clonage des récepteurs	
La facilitation et la dépression synaptique	118	au glutamate	147
Mécanismes de la dépression synaptique		La diversité des récepteurs au glutamate	147
et de la facilitation synaptique	120	Architecture des chémorécepteurs :	
10. Physiologie des potentiels		synthèse	149
synaptiques excitateurs	123	13. Biologie moléculaire des récepteurs	
La préparation "motoneurones spinaux"		couplés à une protéine G	151
du chat	123	La découverte du premier	
La sommation spatiale et la sommation		"second messenger"	152
temporelle	124	La découverte des protéines G	153
Modification de la perméabilité membranaire		Le fonctionnement de la triade	
lors du PPSE	126	"récepteur - protéine G - adénylate cyclase"	154
Mécanisme ionique du PPSE	127	Les principaux types de récepteurs	
11. Physiologie des inhibitions post-		du système nerveux liés aux protéines G	154
et présynaptiques	129	Triades où la protéine G agit directement	
La préparation motoneurones spinaux		sur un canal ionique	157
du chat anesthésié	129	Triades où la protéine G stimule	
Le potentiel postsynaptique inhibiteur	130	l'adénylcyclase	157
L'évolution de la perméabilité membranaire		Triades où la protéine G inhibe	
au cours du PPSI	130	l'adénylcyclase	160
Mécanisme ionique du PPSI	130	Triades où la protéine G stimule	
L'hyperpolarisation et l'effet "shunt"	133	la phospholipase C	160
L'inhibition présynaptique	135	Triades où la protéine G stimule	
Évolution temporelle de l'inhibition		la phosphodiesterase	161
présynaptique	135	Structure moléculaire des récepteurs	
Le potentiel synaptique de la synapse		couplés à des protéines G	163
axo-axonale	136	Les récepteurs métabotropiques	
		au glutamate	163

Les récepteurs GABA _B	163	Boutons synaptiques somatiques et boutons synaptiques dendritiques	189
Les récepteurs dopaminergiques	164	La résistance d'entrée d'un neurone	190
Les récepteurs muscariniques	164	Conséquences fonctionnelles de la résistance d'entrée	190
Les récepteurs à la sérotonine	164	Efficacités relatives des boutons synaptiques dendritiques et des boutons synaptiques somatiques	191
14. Biologie moléculaire des pompes et des transporteurs	167	Inhibitions dendritique et somatique	192
La pompe à sodium	167	Le codage en fréquence	193
Structure moléculaire de la pompe à sodium	170	L'adaptation	196
La pompe à calcium	170	La conduction saltatoire	196
Le devenir des médiateurs libérés	171	Les transports axonaux	198
Métabolisme et recapture des monoamines	172	Mécanisme des transports axonaux rapides	199
Structure moléculaire des transporteurs de catécholamines et des transporteurs vésiculaires	173	Les cellules gliales	202
Actions pharmacologiques sur les transporteurs plasmiques et vésiculaires de catécholamines	173	17. Physiologie de la contraction musculaire	203
Le métabolisme et la recapture du GABA et de la glycine	175	Mécanisme fondamental de la contraction musculaire	205
Métabolisme et recapture du glutamate	175	Le système T et le réticulum sarcoplasmique	206
15. Neuropeptides et monoxyde d'azote	179	Le rôle du calcium dans le couplage électromécanique	208
La découverte des neuropeptides	179	La relaxation musculaire	210
Propriétés des neuropeptides	181	18. Biologie moléculaire de la contraction musculaire	211
Un exemple de transmission neuropeptidergique	181	Structure moléculaire des filaments d'actine et de myosine	211
Les récepteurs aux neuropeptides	183	Mécanisme moléculaire du glissement relatif des filaments	213
Un nouveau messenger intercellulaire : le "NO"	183	Le déclenchement de l'interaction actine-myosine par les ions Ca ⁺⁺	214
Le NO, neuromédiateur du système nerveux central	184	La libération des ions Ca ⁺⁺ par le réticulum sarcoplasmique	215
16. Logique et logistique du neurone	187	Énergétique de la contraction	216
Les principales fonctions logiques des différentes parties du neurone	187	Index	219

LES NEURONES
LES SYNAPSES
ET LES FIBRES MUSCULAIRES

Émile GODAUX

Les neurones ont une double personnalité. D'une part, ils fonctionnent électriquement. D'autre part, ils mettent en jeu de nombreux mécanismes biochimiques. Cette monographie, en développant ce double aspect, montre que la neurobiologie moderne est le confluent de deux disciplines d'horizons très différents : l'électrophysiologie et la biologie moléculaire. Elle présente de façon claire et simple les techniques sophistiquées de la neurobiologie (microélectrodes intracellulaires, voltage clamp, patch clamp, biologie moléculaire et génie génétique).

Avant d'exposer les grands principes qui gouvernent la neurobiologie cellulaire et moléculaire, les notions d'électricité et de biochimie nécessaires à leur compréhension sont définies. Les chapitres s'articulent souvent par couple : l'un décrit un phénomène de façon physiologique, globale ; le suivant l'explique au niveau moléculaire. Quant à la démarche technique ou intellectuelle qui a conduit à la connaissance d'un fait, elle est chaque fois analysée. Cet ouvrage, avant tout pédagogique s'adresse aux étudiants aussi bien en médecine, en pharmacie qu'en biologie.

Émile GODAUX est professeur de neurosciences à la faculté de médecine et à la faculté des sciences de l'université de Mons-Hainaut.

