

gorie rentrent surtout les cas de fièvre qui se rapportent à des lésions cérébrales (hémorragie cérébrale, par exemple) ou à des traumatismes du bulbe et de la protubérance, ou à des actions réflexes sur les centres thermiques. C'est une fièvre nerveuse, dynamique. La seconde catégorie, qui comprend les cas les plus nombreux, concerne les maladies infectieuses. La fièvre est en effet presque toujours une affection parasitaire, et résulte de l'invasion de l'organisme par des éléments vivants (microbes divers, hématozoaires du paludisme) qui agissent sur le système nerveux par les poisons qu'ils sécrètent.

TROISIÈME PARTIE

FONCTIONS DE RELATION

Les phénomènes les plus directement observables que présente l'organisme consistent dans ses relations avec le monde extérieur. Parmi celles-ci les fonctions de mouvement occupent le premier rang. Aussi nous occuperons-nous tout d'abord de la physiologie générale des muscles et des nerfs et de la physiologie spéciale des mouvements du corps. Nous aborderons ensuite l'étude du système nerveux central qui sert d'intermédiaire entre l'action venant de la périphérie et la réaction motrice, et qui préside en outre à l'harmonie de tous les éléments en fonction dans l'intérieur de l'organisme. A la physiologie des centres nerveux se rattachera celle des organes des sens qui recueillent les impressions extérieures.

CHAPITRE PREMIER

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE DU MOUVEMENT

La faculté de se mouvoir est une des propriétés essentielles du protoplasma, et le mouvement un des phénomènes les plus caractéristiques de la vie. Chez les animaux inférieurs, les mouvements sont dus à la contractilité du protoplasma peu ou point différencié des cellules du corps. Chez les animaux supérieurs certains mouvements se font aussi de la sorte, comme

ceux des leucocytes, des cellules à cils vibratiles. Nous avons déjà parlé des mouvements amiboïdes des leucocytes; les mouvements des cellules à cils vibratiles n'en sont qu'une variante. Les cils vibratiles sont des expansions protoplasmiques du corps cellulaire qui présentent des mouvements de flexion et d'oscillation dans certains sens. Ces cellules forment des revêtements

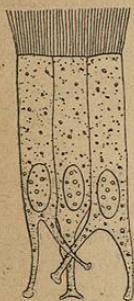


Fig. 146.

Trois cellules épithéliales à cils vibratiles de l'épididyme de l'homme (d'après SCHIEFFER-DECKER).

étendus sur certaines muqueuses, par exemple la muqueuse des voies respiratoires. Les grains de poussière qui arrivent au contact de cette muqueuse sont ainsi transportés par le mouvement des cils vers l'extérieur. Une expérience bien simple démontre cette action motrice des cils vibratiles. Un lambeau de muqueuse étant détaché de l'œsophage d'une grenouille et étalé sur une lamelle de verre, déposons à sa surface des corps légers, tels que des fragments de liège, morceaux de papier, nous verrons que ces objets seront déplacés lentement dans une direction qui serait celle de l'estomac sur l'animal. Si nous retournons ce lambeau de muqueuse, de façon que sa surface libre soit appliquée sur la lamelle, c'est lui qui se déplacera en bloc, mû par les mouvements de ses cils vibratiles (expérience dite de la *limace artificielle* de M. DUVAL). Les mouvements des cils vibratiles sont, d'après cela, complètement en dehors de l'influence du système nerveux; ils persistent très longtemps après la mort de l'animal. Mais laissant de côté cette motilité spéciale, nous reconnaissons que les mouvements étendus et nécessitant une certaine force sont accomplis par des cellules à protoplasma très différencié, les cellules musculaires.

Généralement, le mouvement est provoqué par une excitation venant de l'extérieur; toutefois cette excitation ne porte pas directement sur l'élément moteur, mais bien sur un élément sensible de la surface du corps qui la transmet à un centre

capable de la modifier et de la transformer en énergie motrice à la périphérie. Telle est l'*action réflexe*. Cette spécialisation n'existe pas pour certains êtres inférieurs chez lesquels les mêmes cellules sont à la fois les agents de la sensibilité et de la motilité (fig. 117 A). Mais supposons qu'une de ces cellules se scinde par étirement d'une portion de son protoplasma en deux parties dont l'une conserve ses rapports avec le milieu extérieur

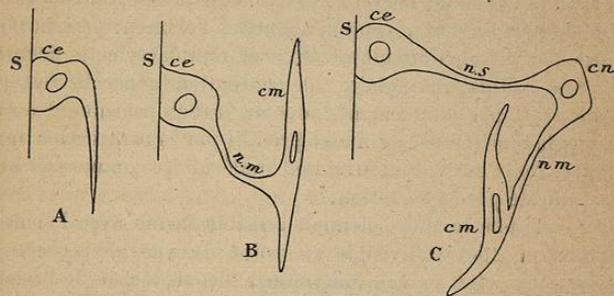


Fig. 117.

Schéma de l'appareil « neuro-musculaire » chez les méduses (d'après FOSTER).

S, surface du corps. — A, cellule ectodermique (ce) avec un processus musculaire. — B, cellule musculaire (cm) reliée à la cellule ectodermique sensible (ce) par un nerf moteur primitif (nm). — C, la cellule sensible (ce) est reliée par un nerf centripète rudimentaire (ns) à une cellule nerveuse centrale (cn), reliée elle-même par un nerf centrifuge moteur (nm) à une cellule musculaire (cm). (Figure empruntée à L. FRÉDÉRICQ.)

de façon à en recueillir les impressions, tandis que l'autre, située plus profondément, se spécialise pour le mouvement en conservant seule la propriété de se contracter: nous aurons ainsi l'ébauche de l'appareil nerveux et musculaire. Une telle cellule n'est pas une simple fiction; elle a été décrite sous le nom de *cellule neuro-musculaire* par KLEINENBERG chez certaines espèces d'hydres (fig. 117, B). Supposons maintenant qu'un autre élément cellulaire mitoyen se développe sur le trajet du tractus protoplasmique qui relie les deux portions séparées de la cellule primitivement simple, et nous obtiendrons le schéma de l'appareil neuro-musculaire des animaux supérieurs. Chez

ceux-ci en effet, l'élément sensible et l'élément moteur sont bien séparés, mais ils restent anatomiquement et fonctionnellement reliés par le tractus protoplasmique représenté par le nerf et la cellule nerveuse. Dans ce schéma (fig. 117, C) l'élément périphérique en relation avec les agents extérieurs est la cellule épithéliale des surfaces sensibles, le tractus qui la relie à la cellule mitoyenne est le nerf sensible; la cellule mitoyenne représente l'élément nerveux central, et le prolongement qu'elle émet le nerf moteur; celui-ci aboutit à l'élément périphérique moteur ou cellule musculaire. On peut remplacer cette dernière par une cellule glandulaire, la conception générale reste la même, car, par mouvement, nous ne devons pas entendre seulement le mouvement de masse produit par la contraction musculaire, mais aussi le mouvement moléculaire comme celui qui se manifeste par la sécrétion.

On voit par là que l'élément sensible forme avec l'élément moteur un tout indivisible au point de vue phylogénétique comme au point de vue fonctionnel, depuis le bas de l'échelle zoologique jusqu'aux degrés les plus complexes de l'organisation. Considérée dans l'élément cellulaire, la sensibilité ne paraît du reste point distincte de l'irritabilité. L'irritabilité est la propriété que possède la matière vivante de réagir sous l'influence des excitants; cette réaction implique nécessairement l'existence de la sensibilité; nous ne jugeons, en effet, que le protoplasma est sensible que d'après la réaction qu'il manifeste sous l'action d'une cause excitante, ce qui revient à dire que ces deux propriétés, sensibilité et irritabilité se confondent. Il en est de même dans un organisme pluricellulaire; et il est utile de bien spécifier ce que l'on doit entendre, d'une manière générale, par ce terme de sensibilité dont nous allons maintenant fréquemment nous servir. Dans le langage courant et pour les philosophes, la *sensibilité* est une réaction de conscience: c'est la faculté que nous avons d'éprouver des modifications psychiques agréables ou désagréables à la suite de modifications corporelles; ces modifications psychiques constituent la *sensation*. Le physiologiste doit avoir une conception beaucoup plus large de la sensibilité. Pour lui, la modification de conscience n'est

qu'une des réactions qui peut servir à définir la sensation. Une impression périphérique est transmise jusqu'à un centre nerveux, et la réflexion à la périphérie sur un élément moteur; cette réaction implique la mise en jeu de la sensibilité, qu'il y ait ou non modification de conscience, c'est-à-dire *perception*; en d'autres termes, la sensation peut ne pas être sentie, bien que cette expression paraisse un véritable abus de mots. Il y a donc des sensations conscientes et des sensations inconscientes. Nous dirons par conséquent avec CL. BERNARD que, pour le physiologiste, la sensibilité doit être l'ensemble des réactions physiologiques de toute nature et non pas seulement psychiques, provoquées par les modificateurs externes. « La réaction pouvant être envisagée dans la cellule, dans l'organe ou dans l'appareil qui répond aux excitations, la sensibilité sera l'aptitude à réagir soit de l'organisme total, de l'appareil nerveux tout entier, soit d'une de ses parties, soit d'une simple cellule. » Ainsi comprise, la sensibilité n'est pas autre chose que l'irritabilité.

Ces notions générales étant acquises, nous allons maintenant aborder la physiologie générale des muscles et des éléments nerveux.

ARTICLE PREMIER

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE DU MUSCLE

Il y a deux sortes de muscles, les muscles à fibres lisses affectés aux fonctions de la vie végétative et les muscles à fibres striées affectés aux fonctions de relation; mais il n'y a rien d'absolu dans cette répartition; ainsi le cœur est formé de fibres striées. Ce qui distingue les deux sortes de fibres c'est, outre leur structure histologique, le caractère différent de leur contraction. Les muscles lisses sont formés de cellules fusiformes possédant un noyau allongé et un protoplasma homogène ou finement granuleux (fig. 118, B). Les muscles striés sont composés de fibres très longues et effilées à leurs deux extrémités; chacune de ces fibres résulte de la fusion de plusieurs éléments

cellulaires reconnaissables à la présence de nombreux noyaux : elle possède une membrane d'enveloppe, le *sarcoleme*, contenant la substance musculaire qui présente un aspect strié dans le sens longitudinal et dans le sens transversal. La striation longitudinale répond à une division de la fibre primitive en

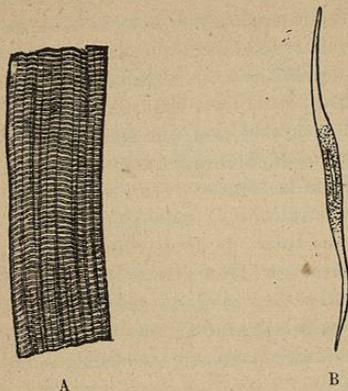


Fig. 118.

Fibrés musculaires.

A, un fragment de fibre striée (d'après POCHE et TOURNEUX). — B, une fibre musculaire lisse.

fibrilles, et la striation transversale à la succession de parties alternativement claires et obscures suivant la longueur de la fibrille (fig. 118, A).

§ 1. — PROPRIÉTÉS DU MUSCLE

Le muscle possède deux propriétés essentielles, l'élasticité et la contractilité.

1° **Élasticité.** — Le muscle est faiblement mais parfaitement élastique, c'est-à-dire qu'il se laisse déformer par une force minime et reprend exactement sa forme primitive lorsque la

cause de déformation cesse d'agir. Par exemple, si l'on suspend un poids; même très faible, à l'extrémité d'un muscle dont l'autre extrémité demeure solidement fixée, le muscle s'allonge; mais il revient à sa longueur première quand on détache le poids. En suspendant des poids de plus en plus forts à l'extrémité d'un muscle, l'allongement est de plus en plus grand, mais il n'est pas proportionnel aux poids, c'est-à-dire que chaque charge additionnelle d'un même poids n'allonge pas le muscle d'une quantité toujours égale; l'allongement croît d'abord vite, puis plus lentement, à mesure que la charge augmente; par conséquent, la courbe de l'allongement du muscle n'est pas une ligne droite, mais une hyperbole. La *limite d'élasticité* est du reste très vite atteinte; ainsi, un muscle gastrocnémien de grenouille ne revient plus exactement à sa longueur primitive quand il a été étiré par un poids de 50 grammes. Le muscle met un certain temps (plusieurs minutes), pour donner son allongement maximum sous l'action de la charge; de même il ne reprend pas du premier coup sa longueur primitive quand on cesse de l'étirer; il existe donc une extensibilité et une élasticité *tardive* ou *supplémentaire*.

Normalement et dans l'état de repos, l'élasticité du muscle n'est jamais satisfaite; en effet, un muscle tire constamment sur ses points d'attache; c'est pourquoi on le voit se raccourcir lorsqu'on sectionne un de ses tendons. Ce fait n'est cependant pas simplement la conséquence de l'élasticité considérée comme propriété d'ordre purement physique. C'est aussi un phénomène vital en rapport avec la nutrition du muscle; on lui a donné le nom de *tonicité* ou *tonus musculaire*; cet état particulier, sorte de demi-contraction, qui implique une activité constante du tissu musculaire, est sous la dépendance des centres nerveux; que l'on coupe le nerf se rendant au muscle, et le tonus disparaît.

2° **Contractilité.** — L'irritabilité de la fibre musculaire ou contractilité se traduit par un changement de forme, diminution de longueur et augmentation d'épaisseur, sous l'influence des excitations. Les excitants capables de la mettre en jeu sont

de différentes sortes. L'excitant naturel est l'influx nerveux qui arrive au muscle par le nerf moteur ; on peut le remplacer par des excitants artificiels appliqués sur le nerf. Mais le tissu musculaire est aussi directement excitable : une piqûre, une section

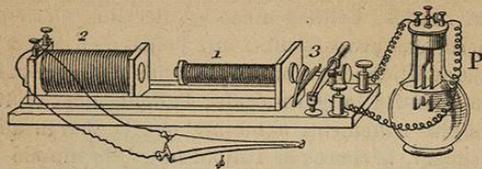


Fig. 119.

Petit appareil d'induction (chariot de Du Bois-Reymond).

1, bobine inductrice. — 2, bobine induite. — 3, trembleur. — 4, exciteur. — P, pile. — La bobine induite 2 glisse dans une coulisse du socle en bois de manière à pouvoir se rapprocher plus ou moins de la bobine 1. jusqu'à la contenir entièrement dans la cavité dont elle est creusée. De la sorte l'intensité du courant induit peut être graduée à volonté.

provoquent sa contraction ; il est donc sensible aux excitants mécaniques ; la contractilité musculaire est aussi mise en jeu par des actions chimiques (dessiccation par NaCl, glycérine, contact d'un acide, d'un alcali, etc.), par les variations



Fig. 120.

Excitateur avec électrodes en forme de crochets.

brusques de température (excitants thermiques), par les rayons lumineux (ainsi le sphincter de l'iris est capable de se resserrer sous l'action directe de la lumière, comme l'a prouvé BROWN-SÉQUARD). Mais de tous les excitants, le plus en usage est l'électricité ; on emploie de préférence les courants faradiques que l'on peut facilement manier et graduer de façon à éviter toute lésion de tissu. La figure 119 ci-jointe représente l'appareil

d'induction (*chariot de Du Bois-Reymond*), qui est d'un usage courant dans les expériences de physiologie ; la figure 120 un *excitateur* recourbé en crochet à son extrémité de manière à embrasser un nerf dans sa concavité ; la figure 121 une pile au bichromate.

La contraction du muscle résulte d'une variation subite dans l'arrangement moléculaire de la fibre musculaire, et l'on peut comparer l'explosion d'énergie qui se produit alors à la déflagration d'un tas de poudre ; l'énergie de tension est transformée en force vive (travail, chaleur). Pour que cette rupture d'équilibre moléculaire ait lieu, il faut que l'excitant qui la provoque présente lui-même une certaine brusquerie d'action. Ainsi, un courant constant que l'on fait passer dans un muscle n'excite la contraction qu'à la fermeture et à l'ouverture du circuit ; pendant tout le temps que le courant passe, pour si intense qu'il soit, le muscle reste au repos ; mais une augmentation ou une diminution brusque de l'intensité du courant détermine la contraction. L'effet de l'excitation ne dépend donc pas tant de l'intensité de l'excitant que de la rapidité de variation de cette intensité, et cette loi est applicable au nerf comme au muscle. On peut arriver à désorganiser le tissu musculaire ou nerveux sans faire apparaître la moindre contraction, si au moyen d'un rhéostat, on fait varier lentement et graduellement l'intensité d'un courant depuis le degré le plus faible, incapable de produire la moindre réaction, jusqu'à un maximum auquel aucun élément vivant ne résiste.

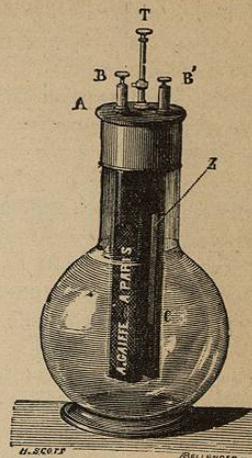


Fig. 121.

Pile au bichromate de potasse.

z, zinc. — c, charbons. — A, armature en cuivre fixée sur la bouteille et supportant le couple électro-moteur. — B, B', pôles de la pile. — T, tige permettant de soulever le zinc au-dessus du liquide ou de l'enfoncer.

Quand on excite directement le tissu musculaire, on irrite en même temps les terminaisons nerveuses qui y sont contenues, et il peut se faire que la contraction soit la conséquence de l'excitation non pas de la substance musculaire elle-même mais bien des éléments nerveux ; ceux-ci transportant alors l'excitation jusqu'au tissu musculaire, le résultat serait le même que lorsqu'on irrite le nerf moteur loin du muscle, et l'expérience ne prouverait pas que le muscle soit directement excitable. Mais il y a de bonnes raisons pour admettre que le tissu musculaire possède une irritabilité propre, pouvant être directement mise en jeu, comme celle de tout corps protoplasmique. Nous en trouvons une des plus fortes preuves dans l'analyse des effets de l'empoisonnement par le curare. L'action du curare, si bien étudiée par CL. BERNARD, consiste dans une séparation fonctionnelle entre le muscle et le nerf ; le muscle devient incapable de se contracter sous l'influence du système nerveux. Cette action toxique se manifeste d'abord pour les muscles qui sont soumis à l'empire de la volonté et pour les muscles de la respiration, et les mouvements des muscles lisses et du cœur restent indemnes. Il en résulte que l'animal curarisé meurt par arrêt de l'hématose, mais qu'il peut être maintenu en vie par la respiration artificielle ; chez la grenouille, en raison de l'importance de la peau dans l'hématose, le cœur continue à battre très longtemps malgré l'arrêt de la respiration. Si donc sur un animal curarisé on excite un nerf moteur, le muscle reste en repos au lieu d'entrer en contraction comme à l'état normal ; mais que l'on porte l'excitation directement sur le muscle, on le verra se contracter. Le tissu musculaire est donc resté excitable. Le nerf lui-même n'a du reste point perdu son excitabilité ; c'est ce que CL. BERNARD démontra par l'expérience suivante (fig. 122) : on pose une ligature serrée sur la racine d'une des cuisses chez la grenouille, après avoir isolé le nerf sciatique de façon à ne pas le comprendre dans la ligature ; la circulation étant ainsi arrêtée dans ce membre, on injecte le curare dans le sac lymphatique dorsal. La motilité disparaît peu après dans tout le corps, sauf dans la patte qui a été mise à l'abri du poison par la ligature. Si

l'on excite maintenant le nerf sciatique de cette patte au-dessus de la ligature, dans un point où il a nécessairement absorbé le poison, les muscles correspondants se contractent. La conductibilité nerveuse est donc intacte chez l'animal curarisé. Les centres nerveux aussi ont conservé leurs propriétés ; il est en effet possible d'obtenir une contraction réflexe des muscles de la patte protégée par la ligature, en excitant un point quelconque de la peau du tronc ou des membres paralysés. L'action du curare ne s'exerce donc ni sur le muscle, ni sur le nerf dans sa continuité, ni sur les centres nerveux ; il faut alors admettre forcément que la fonction abolie par le poison dans l'appareil neuro-musculaire est la relation qui existe normalement entre le nerf et le muscle, c'est-à-dire l'excitabilité des terminaisons nerveuses intra-musculaires, probablement des *plaques motrices*. Or, puisque dans ces conditions le muscle se contracte encore quand on l'excite directement, c'est que son tissu possède une excitabilité qui lui est propre.

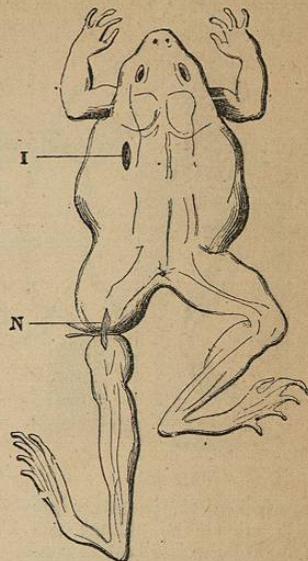


Fig. 122.

Grenouille préparée pour interrompre la circulation dans un membre (CL. BERNARD).

N, nerf sciatique non compris dans la ligature. — I, point où est injecté le curare.

§ 2. — CONTRACTION MUSCULAIRE

Au moment de sa contraction le muscle change de forme et de consistance : il diminue de longueur, mais augmente en

épaisseur; ces deux variations de forme se compensent exactement, car le volume du muscle reste le même. On peut s'en assurer facilement en plaçant le muscle dans un flacon rempli d'eau et surmonté d'un tube capillaire; le niveau de l'eau dans le tube reste le même, que le muscle soit au repos ou en contraction (fig. 123). Dans la contraction, la longueur d'un muscle détaché de ses insertions peut diminuer des deux tiers; mais à l'état physiologique le jeu des pièces osseuses ne permet généralement qu'un raccourcissement d'un tiers. Le muscle contracté est fortement tendu, dur et résistant au toucher: cette consistance dépend uniquement de l'état de tension du muscle, car lorsqu'il est séparé du squelette par la section d'un de ses tendons et qu'il peut réaliser librement son raccourcissement maximum, le muscle contracté reste mou comme à l'état de repos.

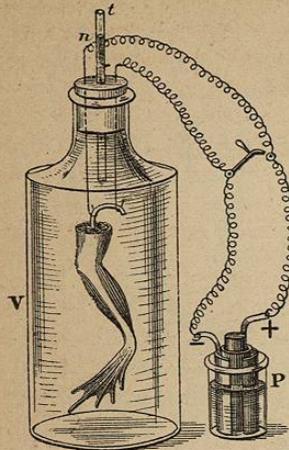


Fig. 123.

Appareil pour démontrer que le muscle ne change pas de volume pendant la contraction.

V, vase rempli d'eau et contenant une patte de grenouille dont le nerf repose sur deux électrodes. — t, tube capillaire dans lequel l'eau du flacon s'élève jusqu'au niveau n. — P, pile.

L'observation la plus simple suffit à nous renseigner sur les changements de forme du muscle: mais pour analyser la contraction d'une façon minutieuse, il faut avoir recours à la méthode graphique. Nous donnerons donc tout d'abord les résultats de la myographie avant de parler des phénomènes physiques, mécaniques, chimiques et microscopiques qui accompagnent la contraction.

1° Myographie. — Pour enregistrer la courbe de la contraction musculaire on se sert d'appareils nommés *myographes*.

Le principe du myographe, imaginé par HELMHOLTZ et perfectionné par MAREY, consiste à amplifier au moyen d'un levier le raccourcissement musculaire. Un levier, mobile autour d'un point fixe à une de ses extrémités, présente près de cette extrémité un petit crochet auquel on peut attacher le tendon d'un muscle: l'autre extrémité du levier est munie d'une pointe écri-

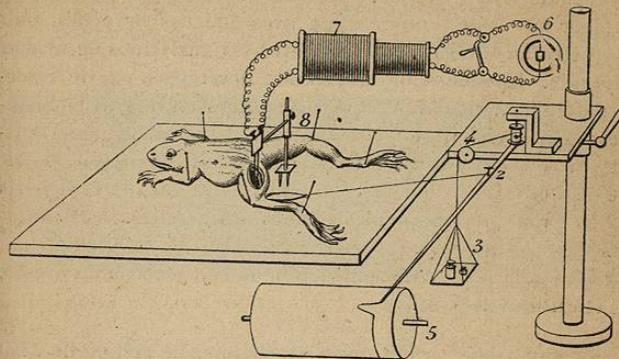


Fig. 124.

Schéma d'une expérience de myographie avec le myographe de Marey.

Le tendon du muscle gastrocnémien d'une grenouille est attaché par un fil à un levier (en 2), lequel écrit sur un cylindre enregistreur (5). Quand le muscle est relâché le levier est ramené à sa position d'équilibre par le fil 4 qui s'enroule autour de l'axe de rotation du levier où il s'attache, se réfléchit sur une poulie (en 4) et supporte un plateau chargé de poids (3) à son extrémité libre. — 6, pile. — 7, appareil d'induction. — 8, électrodes en crochets sur lesquelles repose le nerf sciatique.

vante qui trace sur un cylindre enregistreur la courbe du mouvement. C'est un levier du 3^e genre: l'avant-bras se fléchissant sur le bras par l'action du biceps représente exactement le levier du myographe. Lorsque la contraction cesse, le levier qui s'est soulevé revient à sa position première sous l'action de son poids; mais, en pratique, comme on emploie des leviers très légers, on attache à un des bras du levier, généralement le bras le plus court (et le levier devient alors du 2^e genre), un plateau que l'on peut charger de poids à volonté (voy.

fig. 124). Ainsi qu'il est facile de le comprendre, l'amplitude du tracé sera d'autant plus grande que l'attache du muscle sera plus voisine du centre de rotation du levier et que le levier lui-même aura une plus grande longueur (toutes choses étant égales du côté du raccourcissement musculaire).

Pour analyser la contraction des membranes musculaires limitant une cavité (vessie, estomac, etc.), on peut faire communiquer la cavité remplie d'eau avec une des branches d'un manomètre en U à eau ou à mercure : les variations de niveau du liquide, dépendant de la pression développée par le réservoir musculaire, pourront être enregistrées en faisant communiquer la branche libre du manomètre avec un tambour inscripteur. On peut encore dans le même but, comme l'ont fait CHAUVEAU et MAREY pour le cœur, introduire dans la cavité des muscles creux des ampoules pleines d'air reliées à des tambours inscripteurs (voy. p. 191).

Analysons la courbe de contraction ou *myogramme* du muscle strié et du muscle lisse.

A. MUSCLE STRIÉ. — Soit un gastrocnémien de grenouille dont le tendon détaché du calcanéum est fixé par un fil au levier du myographe; le nerf sciatique isolé repose sur deux électrodes de manière qu'on puisse exciter à volonté la contraction au moyen d'un courant constant ou d'un courant faradique. La contraction se présentera avec des caractères différents suivant le nombre des excitations employées.

a. *Secousse simple*. Supposons d'abord qu'on ne lance dans le nerf qu'une seule excitation d'une durée excessivement courte, comme celle qui résulte de la fermeture ou de l'ouverture d'un courant constant, ou bien encore d'un choc d'induction; le muscle répondra par une contraction très brève que l'on nomme *secousse musculaire*. Le tracé de cette secousse est représenté dans la figure 125; au-dessous de la courbe de la contraction se trouve aussi enregistré le temps au moyen d'un diapason donnant 100 vibrations doubles par seconde; chaque ondulation de la ligne dentelée représente donc $\frac{1}{100}$ de seconde; enfin la ligne intermédiaire est le tracé d'un signal

électrique de DEPREZ indiquant le moment précis où se produit l'excitation. (Le signal électrique de DEPREZ est un petit électro-aimant qui au moment où le courant passe attire une petite pièce de fer doux, munie d'un style inscripteur. De la sorte au moment de la fermeture du courant le style donne un ressaut sur la ligne du tracé. Au moment de l'ouverture du courant, nouveau ressaut du tracé dû à ce que la pièce de fer doux se détache de l'électro-aimant, sous l'action d'un ressort élastique.)

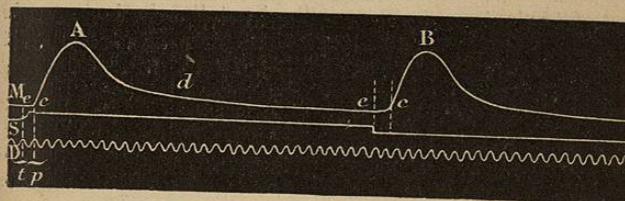


Fig. 125.

Tracé de la secousse musculaire (mouvement rapide du cylindre enregistreur).

Deux secousses musculaires A et B, la première à la fermeture, la seconde à l'ouverture du courant. — M, tracé du muscle. — S, du signal électrique. — D, du diapason. — L'excitation se produisant en e, on voit que le muscle ne commence à se raccourcir qu'en c. La distance ec est le temps perdu (tp). De c en d, contraction du muscle. Ce tracé montre de plus que le muscle ne se contracte qu'à la fermeture et à l'ouverture du courant et qu'il revient à sa position de repos pendant le passage même du courant.

Il faut remarquer dans cette courbe de la secousse musculaire deux parties distinctes: 1° une partie (ec) dans laquelle la ligne du tracé n'offre encore aucune modification, bien que l'excitation soit parvenue au muscle; il y a donc un retard de la contraction sur l'excitation; cette phase, pendant laquelle le muscle ne présente encore aucun phénomène apparent, porte le nom de *période d'excitation latente* ou *temps perdu*; on voit qu'elle dure $\frac{1}{100}$ de seconde; 2° une partie (cd) dans laquelle la ligne s'élève progressivement jusqu'à une certaine hauteur, s'y maintient quelque temps, puis s'abaisse graduellement pour revenir à son niveau primitif; elle répond à la période

active de la contraction et se décompose elle-même en deux phases : une phase d'ascension ou *période d'énergie croissante* correspondant au raccourcissement du muscle et une phase de descente ou *période d'énergie décroissante* correspondant au relâchement du muscle. Ces deux périodes peuvent avoir une durée à peu près égale, soit $\frac{5}{100}$ de seconde ; cependant la descente est généralement un peu plus longue que l'ascension, et de plus ne s'opère pas avec la même vitesse pendant toute sa durée ; la ligne s'abaisse d'abord rapidement, puis plus lentement en tendant peu à peu vers l'horizontalité. La lenteur relative de la décontraction indique que le muscle est encore actif durant cette période et soutient le poids pendant tout le temps de la descente ; en effet, le levier séparé du muscle par la section brusque du fil est entraîné bien plus rapidement par son poids et trace sur le cylindre une ligne se rapprochant beaucoup de la verticalité. La durée totale de la secousse est d'environ $\frac{1}{10}$ de seconde pour le muscle de grenouille ; chez les animaux à sang chaud elle est plus courte, très brève chez les oiseaux et encore plus chez certains insectes, chez la mouche par exemple, dont les muscles de l'aile peuvent donner, comme MAREY l'a démontré, 300 à 400 contractions à la seconde.

La durée de la secousse ainsi que celle de chacune de ses phases, y compris le temps perdu, est du reste sujette à certaines variations : elle s'allonge par la fatigue du muscle, son refroidissement, l'arrêt de sa circulation, et aussi par suite de l'augmentation du poids tenseur ; elle diminue dans les conditions inverses. L'amplitude de la courbe (en rapport avec le degré de raccourcissement du muscle) est aussi très variable ; toutes les causes qui affaiblissent l'excitabilité du muscle diminuent l'amplitude de la secousse. L'amplitude dépend aussi de l'intensité de l'excitation ; l'énergie de la contraction augmente, en effet, avec l'intensité du courant jusqu'à un maximum qu'elle ne peut dépasser. Il faut encore remarquer que, pour une même intensité de courant, l'amplitude de la secousse augmente par la répétition des excitations ; soit par exemple une première secousse peu élevée produite par un courant

d'intensité juste suffisante pour déterminer la contraction ; si on provoque aussitôt après une seconde secousse avec le même courant, son amplitude sera plus considérable que celle de la première ; une troisième secousse sera encore plus ample que la seconde, et il en est de même dans la suite jusqu'à ce que l'amplitude de la courbe ait acquis son maximum pour l'intensité du courant employé (fig. 126). Ce phénomène porte le nom d'*addition latente* : on l'explique en admettant que l'excitabilité du muscle est augmentée par une série d'ex-

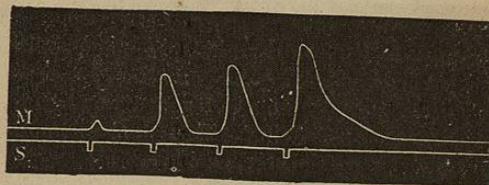


Fig. 126.

Addition latente (muscle de l'écrevisse) (d'après Ca. RICHET).

M, muscle. — S, signal. Série de secousses de plus en plus amples pour une excitation répétée rythmiquement.

citations : une première excitation met le tissu musculaire dans une sorte d'équilibre instable qui le rend apte à réagir plus fortement à une seconde excitation. On comprend alors qu'un courant trop faible pour produire tout d'abord la contraction puisse la déterminer par la suite, si les excitations sont répétées un certain nombre de fois et suffisamment rapprochées.

b. *Fusion des secousses*. — Supposons maintenant qu'au lieu d'une seule excitation ou de plusieurs séparées, comme dans le cas précédent, par un intervalle plus grand que la durée de la secousse elle-même, on lance dans le nerf une série d'excitations suffisamment rapprochées pour atteindre le muscle pendant les différentes périodes de sa contraction, que se passera-t-il ? Admettons d'abord qu'une seconde excitation tombe sur le nerf pendant la période d'énergie croissante du muscle.