

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 réfléchi 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 *sarcolemme*, 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

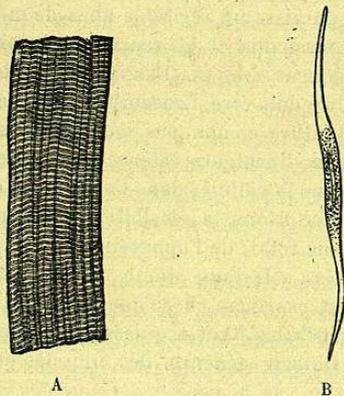


Fig. 148.  
Fibres musculaires.

A, un fragment de fibre striée (d'après POUCHET 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. 148, 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 de 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

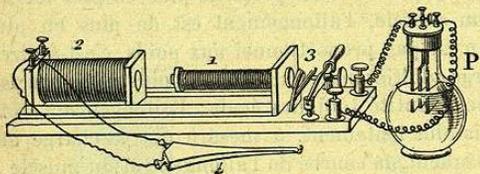


Fig. 119.

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

1, bobine inductrice. — 2, bobine induite. — 3, trembleur. — 4, excitateur. — 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.

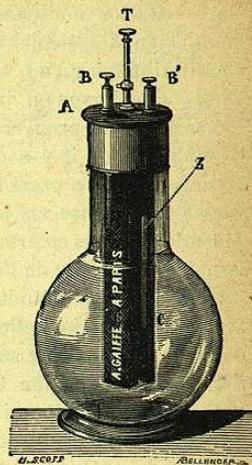


Fig. 121.

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.

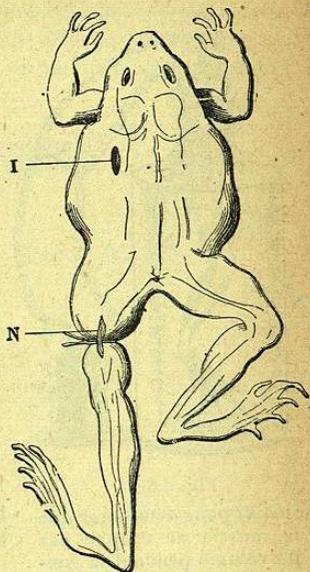


Fig. 122.

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