

la rigidité musculaire apparait très rapidement et quelquefois d'une façon quasi instantanée.

5° Phénomènes microscopiques de la contraction. —

Lorsqu'on examine au microscope une fibre musculaire lisse pendant sa contraction, on constate qu'elle diminue de longueur et augmente d'épaisseur. C'est la seule modification visible. Mais pour la fibrille musculaire striée, dont la structure est beaucoup plus complexe, les phénomènes microscopiques de la contraction sont d'une interprétation très difficile. La fibrille musculaire se compose d'une succession de parties alternativement claires et foncées de réfringence différente : la partie foncée est le *disque épais* ; l'espace clair est coupé transversalement dans sa partie moyenne par une strie transversale foncée, le *disque mince*. L'intervalle compris entre deux disques minces est un *segment musculaire*. Ce segment est donc formé dans sa partie moyenne par le disque épais, et à chacune de ses extrémités par un disque clair. La substance du disque épais est plus sombre, plus réfringente, plus consistante et présente la double réfraction (*substance anisotrope*), tandis que la substance du disque clair est plus molle, moins réfringente et à réfraction simple (*substance isotrope*).

Pour ENGELMANN, dans la contraction la substance anisotrope augmente de volume, devient plus molle, plus claire et moins réfringente, tandis que la substance isotrope subit des modifications inverses. En d'autres termes, il se ferait une pénétration de la substance isotrope dans l'anisotrope. Mais pour RANVIER le disque épais représente seul la substance contractile de la fibre, et l'espace clair correspond à une matière élastique. Cette conception repose sur la comparaison de l'aspect histologique de la fibrille lorsqu'elle est fixée dans un muscle au repos ou dans un muscle tétanisé et tendu. Dans le premier cas les stries sont rapprochées et le détail de la striation difficile à distinguer ; dans le second cas, au contraire, la succession des disques épais, des disques minces et espaces clairs apparait nettement et on remarque que le disque épais a diminué de hauteur, tandis que l'espace clair a gagné en étendue. Il semble donc

que la substance contractile dans la fibre musculaire soit segmentée en une série de fragments (disques épais) séparés par des parties élastiques (espaces clairs) ; les disques épais qui ont une forme allongée en bâtonnets à l'état de repos, tendent comme tout fragment de protoplasma, à prendre une forme arrondie pendant la contraction ; de plus le plasma musculaire serait exprimé sur les côtés. Ainsi ces disques diminuent de hauteur en augmentant le diamètre transversal de la fibrille, et allongent les espaces clairs si la fibrille ne peut pas se raccourcir. La division de la substance contractile en un grand nombre de segments est en rapport avec la rapidité de contraction du muscle strié ; l'explosion d'énergie, déterminée par l'excitation nerveuse dans tous ces éléments à la fois, aura, en effet, une action plus brève que si l'excitation devait se transmettre dans une masse unique volumineuse. Dans cette théorie, on doit donc chercher dans la striation du muscle non pas le secret de la contraction, mais seulement la cause de la rapidité du raccourcissement musculaire. Quant à la cause intime du changement de forme des substances contractiles, on doit la chercher sans doute dans les variations de cette force appelée *tension superficielle* qui se rapporte à la cohésion des molécules (voyez *Traité de physique biologique*).

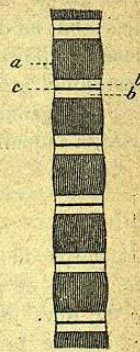


Fig. 133.
Fibrille musculaire des muscles de l'aile de l'hydrophile.
a, disque épais. —
c, disque mince. —
b, b, espaces clairs.

ARTICLE II

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE DES ÉLÉMENTS NERVEUX

Le système nerveux établit un lien fonctionnel entre les différentes parties du corps, et on l'a comparé assez justement à un réseau télégraphique dans lequel les nerfs seraient les

filis conducteurs, tandis que les organes périphériques et centraux représenteraient les appareils d'expédition et de réception des dépêches. Le système nerveux est formé de cellules et de fibres ; mais les fibres sont des prolongements de cellules ; on ne doit donc pas les concevoir en dehors de l'élément cellulaire dont elles émanent, pas plus au point de vue fonctionnel qu'au point de vue morphologique. La cellule avec ses prolongements forme un tout indivisible, une unité nerveuse, à laquelle WALDEYER a donné le nom de *neurone*.

§ 1. — NEURONE

Le corps du neurone ou cellule nerveuse est constitué par une masse de protoplasma affectant l'aspect d'un réseau délicat de fines fibrilles qui paraissent pénétrer dans la cellule par chaque prolongement pour venir s'entre-croiser autour du noyau. Les prolongements sont toujours multiples (voy. fig. 142, p. 490). Les cellules des ganglions rachidiens qui paraissent n'avoir qu'un prolongement (*cellules unipolaires*) ont en réalité deux prolongements et sont assimilables aux *cellules bipolaires* des mêmes ganglions des animaux inférieurs ; seulement les deux prolongements se sont confondus en un seul sur une certaine étendue ; de là vient que le prolongement de la cellule unipolaire se bifurque en T non loin du corps du neurone. Toutes les autres cellules nerveuses sont *multipolaires* et émettent de nombreux prolongements. Les prolongements du corps du neurone ont une constitution fibrillaire et sont de deux espèces : les *prolongements protoplasmiques* ou *dendrites* qui par leurs divisions et subdivisions forment des arborisations très compliquées ; et le *prolongement cylindraxile* ordinairement unique, à contour net et de longueur très variable : court lorsqu'il s'épuise dans la substance nerveuse qui entoure la cellule ; long, quand il forme le cylindraxe d'une fibre nerveuse, et pouvant s'étendre alors depuis les cornes antérieures de la moelle, par exemple, jusqu'aux muscles les plus éloignés. Quoi qu'il en soit, tout cylindraxe se termine par une arborisation terminale, après avoir émis

le plus souvent sur son trajet un certain nombre de fibres collatérales. L'arborisation terminale du cylindraxe se met en rapport soit avec un élément moteur périphérique (muscle ou glande), soit avec les dendrites d'un neurone voisin ; mais jamais avec l'arborisation d'un autre cylindraxe. Tous ces prolongements sont de nature nerveuse ; tous transmettent, par conséquent, de proche en proche l'ébranlement nerveux, mais non dans le même sens par rapport au corps du neurone. La conduction s'opère en effet, du corps du neurone vers l'arborisation terminale pour le prolongement cylindraxile, et des extrémités arborescentes vers le corps cellulaire pour les dendrites : en un mot la direction du courant nerveux est *cellulifuge* dans le cylindraxe et *cellulipète* dans les dendrites. Il en résulte que la transition de neurone à neurone ou dans une chaîne de neurones successifs se fait toujours dans le même sens, à savoir du cylindraxe d'un neurone quelconque aux dendrites d'un neurone contigu, et le substratum anatomique de ce fait se trouve dans les rapports qu'affectent dans les centres nerveux les arborisations terminales des cylindraxes avec les ramifications des dendrites. Ces arborisations sont intimement entrelacées ; toutefois, d'après les idées nouvelles il n'y aurait pas continuité de substance, c'est-à-dire anastomose entre les deux sortes de prolongements, mais seulement contiguïté, et le courant nerveux pourrait passer des uns aux autres grâce au seul contact des divisions arborescentes. Il est même très vraisemblable que ces prolongements sont contractiles et peuvent par leurs mouvements établir ou rompre des connexions dans la chaîne des neurones, ainsi que l'ont avancé LÉPINE et M. DUVAL.

Les nerfs sont constitués par des faisceaux de fibres (*fibres nerveuses*). Chaque fibre est une émanation du corps du neurone ; c'est-à-dire que son élément principal est formé par un prolongement de la cellule ; on le nomme *cylindraxe*. Les fibres nerveuses sont de deux espèces : *fibres à myéline* et *fibres sans myéline* ou de Remak. Dans celles-ci les cylindraxes ne sont recouverts que d'une couche de protoplasma avec noyaux, tandis que dans les premières chaque cylindraxe est

entouré d'une substance spéciale, la *myéline*, qui est renfermée dans une gaine membraneuse (*la gaine de Schwann*). L'enveloppe de myéline est interrompue de distance en distance, de telle sorte que la gaine de Schwann vient s'appliquer directement sur le cylindraxe (*étranglements annulaires*), permettant ainsi aux liquides nutritifs d'arriver jusqu'à lui. L'espace qui sépare deux étranglements annulaires porte le nom de *segment interannulaire*. Le cylindraxe est continu depuis le corps du neurone jusqu'aux terminaisons ultimes du nerf à la périphérie, et traverse sans interruption tous les segments interannulaires. Il a une structure fibrillaire, et s'il fournit des divisions secondaires, c'est par une séparation d'un certain nombre de fibrilles s'opérant au niveau des étranglements annulaires.

Au point de vue fonctionnel, on classe les nerfs en deux espèces, d'après le sens dans lequel paraît s'effectuer la conduction à l'état physiologique : *nerfs centrifuges* ou *moteurs* conduisant des centres à la périphérie, *nerfs centripètes* ou *sensitifs* conduisant de la périphérie aux centres. Cette terminologie, à laquelle il serait difficile de renoncer dans l'analyse des phénomènes de la physiologie nerveuse, demande cependant quelques mots d'éclaircissement pour être conciliée avec celle que nous avons adoptée dans l'exposé de la théorie générale du neurone. Il semble, en effet, tout d'abord qu'il n'y ait pas équivalence dans les termes employés. Car tout prolongement cylindraxile est, comme nous l'avons établi, cellulifuge, et nous disons maintenant que pour les fibres nerveuses sensibles la conduction s'opère de la périphérie au centre; or il n'y a aucune contradiction, si, dans la théorie du neurone, on con-



Fig. 134.

Fibre nerveuse à myéline.

1, 1, étranglements annulaires. — 2, myéline. — 3, noyau. — 4, protoplasma entourant le noyau.

sidère le cylindraxe de la fibre sensitive non comme un véritable prolongement cylindraxile, mais bien comme un prolongement protoplasmique très développé et très long du corps du neurone sensitif. Pour mieux comprendre cette interprétation, envisageons attentivement la constitution du neurone moteur et du neurone sensitif dans la moelle épinière considérée comme centre nerveux (voy. la fig. 133 ci-jointe, et la fig. 142, p. 490). Le neurone moteur est formé par une cellule nerveuse des cornes antérieures; le prolongement cylindraxile de cette cellule sort de la moelle par la racine antérieure et forme le cylindraxe d'une fibre nerveuse motrice qui s'étend jusqu'à un élément moteur périphérique (fibre musculaire ou cellule glandulaire). Ici, aucune difficulté : le cylindraxe conduit du centre nerveux ou de la cellule jusqu'à la périphérie; la conduction est à la fois cellulifuge et centrifuge. Il n'en est plus de même pour le neurone sensitif. En effet, le corps de ce neurone n'est pas contenu dans la moelle, mais bien dans le ganglion rachidien situé sur le trajet de la racine postérieure. Ce corps de neurone est bipolaire et émet deux prolongements, l'un se dirigeant vers la périphérie et formant le cylindraxe de la fibre sensitive, l'autre gagnant les centres nerveux, c'est-à-dire la moelle et formant le cylindraxe d'une fibre de la racine postérieure,

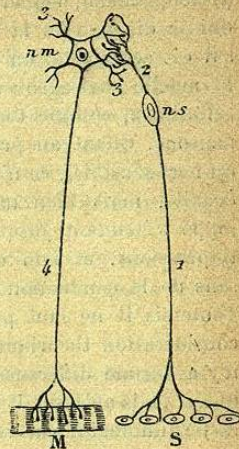


Fig. 135.

Schéma du neurone sensitif et du neurone moteur.

S, surface sensible. — M, muscle. — n.s., corps du neurone sensitif (cellule du ganglion rachidien). — n.m., corps du neurone moteur (cellule nerveuse motrice). — 1, prolongement cellulifuge ou protoplasmique du neurone sensitif (cylindraxe d'une fibre d'un nerf sensitif). — 2, prolongement cellulifuge ou cylindraxile du neurone sensitif (cylindraxe d'une fibre de la racine postérieure). — 3, prolongements protoplasmiques ou dendrites du neurone moteur. — 4, prolongement cellulifuge ou cylindraxile du neurone moteur (cylindraxe d'un nerf moteur).

qui va se mettre en connexion par une arborisation terminale avec les dendrites des cellules médullaires. De ces deux prolongements, lequel est le véritable cylindraxe? C'est celui qui se dirige vers la moelle, car on comprend de suite que s'il est centripète, en ce sens qu'il conduit vers l'axe gris de la moelle envisagée comme centre nerveux, il est cependant cellulifuge, comme tout cylindraxe, par rapport au corps du neurone. Quant au prolongement périphérique (ou cylindraxe du nerf sensible), ce n'est pas un véritable prolongement cylindraxile, mais bien un prolongement dendritique très développé s'étendant jusqu'à la périphérie pour en recueillir les impressions, et l'on conçoit que dans ce prolongement le sens de la conduction soit à la fois centripète et cellulipète. Toutefois il ne faut pas oublier qu'il ne s'agit là que d'une considération théorique, et qu'au point de vue histologique il n'y a aucune différence de structure entre les deux sortes de fibres. Mais au fond, il ne saurait y avoir aucun désaccord dans la terminologie; car si, dans le langage courant, nous désignons en bloc sous le nom de centres nerveux, l'axe gris encéphalo-médullaire, parce que c'est là que l'impression sensitive est transformée en réaction motrice, il n'en est pas moins vrai que nous rattachons la notion de centre à la cellule nerveuse, c'est-à-dire au corps du neurone. Les termes cellulipète et centripète, cellulifuge et centrifuge sont donc, en réalité, synonymes.

Telles sont les notions générales sur le neurone qui se dégagent des travaux récents des histologistes : GOLGI, R. Y CAJAL, VAN GEHUCHTEN, etc. Pour l'étude détaillée du fonctionnement de l'élément nerveux, il est utile toutefois de conserver la division classique et de traiter séparément des fonctions du nerf et de la cellule nerveuse.

§ 2. — PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE DU NERF

Les nerfs réagissent d'une façon qui leur est propre, sous l'influence des excitants; l'ébranlement moléculaire déterminé par l'excitation ne reste pas localisé au point excité, mais s'étend sur

toute la longueur du nerf; de plus, il se communique à l'élément périphérique moteur ou à l'élément central sensitif, selon la nature des connexions du nerf. Les nerfs sont donc *excitables*, car leur irritabilité est mise en jeu par divers excitants; *conducteurs*, puisqu'ils transportent l'excitation loin du point irrité, et *excitateurs* puisqu'il mettent en jeu la motilité ou la sensibilité grâce à leurs connexions périphériques ou centrales. On peut donner le nom de *neurilité* à ce mode d'activité du nerf, de même que l'on désigne sous le nom de contractilité la propriété fondamentale du muscle.

Nous traiterons successivement des excitants du nerf; de sa propriété de conduction ou *conductibilité* et des causes qui modifient son excitabilité.

1° Excitants du nerf. — L'excitant physiologique des nerfs est l'impression reçue par les terminaisons périphériques pour le nerf sensible, et l'impression d'origine centrale émanant du corps du neurone pour le nerf moteur. Les terminaisons périphériques des nerfs sensibles sont plus excitables que le tronc nerveux lui-même, et elles sont aussi plus sensibles à certains excitants qu'à d'autres. On dit, pour exprimer ce dernier fait, que chaque appareil nerveux terminal a un excitant *spécifique* ou *adéquat* à sa constitution; ainsi l'excitant adéquat du nerf optique est la lumière, celui du nerf auditif est le son, etc. On peut mettre en jeu la neurilité en remplaçant l'excitant physiologique par des excitants artificiels portés sur le nerf. Ces excitants sont les mêmes que pour le muscle; le nerf, comme le muscle, réagit sous l'influence des excitations mécaniques, chimiques, thermiques, électriques. Mais quel que soit l'excitant employé, et en quelque point du trajet du nerf qu'agisse l'excitation, la réaction consécutive appréciable est toujours la même; c'est un mouvement (contraction musculaire, sécrétion) ou une excitation des centres nerveux pouvant faire naître une sensation, selon que le nerf excité est moteur ou sensitif. Telle est la loi de l'*énergie spécifique des appareils nerveux* énoncée par MÜLLER. Le nerf en lui-même n'est qu'un conducteur; la réaction qu'il provoque est le fait de ses connexions périphériques ou centrales;